



EESTI MAAÜLIKOOL
Põllumajandus- ja keskkonnainstituut

Sirle Varusk

**MULLAFAUNA VÕÕRLIIGID EESTISSE SISSETOODAVATES MULDADES JA
KASVUSUBSTRAATIDES**

ALIEN SPECIES OF SOIL FAUNA IN IMPORTED SOILS AND GROWTH MEDIA IN
ESTONIA

Bakalaureusetöö

Vee- ja maismaa ökosüsteemide rakendusbioloogia õppekava

Juhendaja: Kaarel Sammet, *MSc*

Tartu 2021

Eesti Maaülikool		Bakalaureusetöö lühikokkuvõte	
Kreutzwaldi 1, Tartu 51006			
Autor: Sirle Varusk		Õppekava: Vee- ja maismaa ökosüsteemide rakendusbioloogia	
Pealkiri: Mullafauna võõrliigid Eestisse sissetoodavates muldades ja kasvusubtraatides			
Lehekülgi: 81	Jooniseid: 5	Tabeleid: 14	Lisasid: 1
Osakond / Õppetool: Elurikkuse ja loodusturismi osakond			
ETIS-e teadusvaldkond: faunistika, ökoloogia, levilad			
Juhendaja(d): Kaarel Sammet			
Kaitsmiskoht ja -aasta: Tartu, 2021			
<p>Bioloogilised invasioonid ning võõrliigid on tänapäeval oluliseks probleemiks, kuid teadmised mulla selgrootute võõrliikidest on veel väga piiratud. Teada on, et kaubandus istikutega ja imporditud muldadega võib olla mulla võõrliikide sissetoomise allikaks, samas on selle kohta tehtud väga vähe paljusid taksoneid hõlmavaid uuringuid. Käesolevas uuringus võeti 43 proovi Eestis müüdavatest taimeistikutest, lillepotimuldadest ja kasvusubstraatidest. Looduses ellu jäänud liikide leidmiseks võeti lisaks kuus proovi Tartu ülikooli botaanikaaiast (kuhu on aegade jooksul palju välismaist taimematerjali istutatud) ja võrdluseks ka läheduses asuvalt pool-looduslikult kontrollalalt. Mikrolüljalgsed ja muud mullaselgrootud ekstraheeriti proovidest Tullgreni aparatuuride abil. Kõigis proovides leidis elavat faunat, domineerisid lestad (Acari) ja hooghännalised (Collembola). Kuue liigi puhul oli kindlasti tegemist võõrliikidega, need olid lestad <i>Neogamasus insignis</i> ja <i>Neogamasus speculiger</i> (imporditud taimemullast), hulkjalgsed <i>Lamycetes emarginatus</i>, <i>Stenotaenia linearis</i> ja <i>Ophiodesmus albonanus</i> (botaanikaaiast ja kontrollalalt), mardikaline <i>Anommatus duodecimstriatus</i> (imporditud taimeistikutelt) ja nahktiivalise (Dermaptera) nümfi. Puudulikud faunistilised teadmised ei võimaldanud osasid liike klassifitseerida kindlalt kas omamaisteks või võõrliikideks, nendeks olid lestad <i>Chamobates interpositus</i>, <i>Oppiella obsoleta</i>, <i>Tectocepheus alatus</i>, <i>Tectocepheus knullei</i>, <i>Neoribates borealis</i> ja <i>Lasioseius floridensis</i>, tuhatjalgne <i>Craspedosoma rawlinsii</i> ja kakandiline <i>Hyloniscus riparius</i>. Kuus liiki olid Eesti faunale uued: lestad <i>Zetomimus furcatus</i>, <i>Tectocepheus alatus</i> ja <i>Tectocepheus knullei</i>,</p>			

tuhatjalgne *Ophiodesmus albonanus*, mardikaline *Anommatus duodecimstriatus* ja liigini määramata kõrvahark (kes ei kuulu Eestis seni tuntud kahe liigi hulka).

Märksõnad: võõrliigid, import mullad, bioinvasioon, mullaselgrootud, bioloogiline mitmekesisus

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51006		Bachelor's Thesis	
Author: Sirle Varusk		Curriculum: Applied Biology of Aquatic and Terrestrial Ecosystems	
Title: Alien species of soil fauna in imported soils and growth media in Estonia			
Pages: 81	Figures: 5	Tables: 14	Appendixes: 1
Department / Chair: The Chair of Biodiversity and Nature Tourism			
Field of research: faunistics, ecology, distribution			
Supervisors: Kaarel Sammet			
Place and date: Tartu, 2021			
<p>Biological invasions and alien species are an important problem in modern ecosystems, but the knowledge of soil invertebrate invasions is very limited. It is well known that the dispersal of alien species may be facilitated by horticultural trade, but there are very few studies covering multiple taxa in imported plant material. 43 samples were taken from plant growth substrates and plants sold by horticultural shops and arboreta. In order to detect species that have survived in the wild, six samples were taken from Tartu University Botanical garden (with a long horticultural history) and for comparison, from a similar semi-natural control plot (with no horticultural history) Microarthropods and other soil invertebrates were extracted using Tullgren funnels. All the samples contained living fauna, dominated by mites (Acari) and springtails (Collembola). Six alien species were found from the samples: including mites <i>Neogamasus insignis</i> and <i>Neogamasus speculiger</i> (from imported plants), myriapods <i>Lamycetes emarginatus</i>, <i>Stenotaenia linearis</i> and <i>Ophiodesmus albonanus</i> (Botanical garden and control plot), the beetle <i>Anommatus duodecimstriatus</i> (imported plants) and a juvenile Dermaptera. Some species could not be unambiguously classified as native or alien due to insufficient faunistic knowledge, such as the mites <i>Chamobates interpositus</i>, <i>Oppiella obsoleta</i>, <i>Tectocephus alatus</i>, <i>Tectocephus knullei</i>, <i>Neoribates borealis</i> and <i>Lasioseius floridensis</i>, the millipede <i>Craspedosoma rawlinsii</i> and the woodlouse <i>Hyloniscus riparius</i>. Seven species were new to Estonian fauna: the mites <i>Zetomimus furcatus</i>, <i>Tectocephus alatus</i> and <i>Tectocephus knullei</i>, the millipede</p>			

Ophiodesmus albonanus, the beetle *Anommatus duodecimstriatus* and an earwig juvenile (that was identified as not belonging to either of the local species).

Keywords: alien species, imported soils, bioinvasion, soil invertebrates, biodiversity

SISUKORD

Sissejuhatus.....	7
1.Üldosa.....	8
1.1. Võõrliigid ja bioinvasioonid.....	8
1.2.Mullaselgrootute ökoloogia ja jaotus.....	10
1.3.Uuritud mulaselgrootute rühmad.....	12
2. Materjal ja metoodika.....	21
2.1. Proovivõtukohad.....	21
2.1.1. Tartu Ülikooli Botaanikaaed.....	21
2.1.2. Emajõe-äärne kontrollala.....	23
2.2. Proovid.....	23
2.2.1. Proovide kogumine.....	23
2.2.2. Mullalüljalgsete ekstraheerimine.....	29
2.2.3. Lestade prepareerimine.....	30
2.2.4. Vihmausside kogumise metoodika.....	30
2.2.5. Liikide määramine.....	30
2.2.6. Määratud taksonite staatuse hindamine.....	31
3. Tulemused.....	32
3.1. Imporditud muldade ja istikute proovid.....	32
3.2. Botaanikaia ja kontrollala proovid.....	41
4. Arutelu.....	50
Kokkuvõte.....	52
Tänuavaldused.....	52
Kasutatud kirjandus.....	53
Lisa I.....	64

Sissejuhatus

Võõrliigid on tänapäeval üks olulisemaid keskkonnaprobleeme, kuid nende esinemist on väga ebaühtlaselt uuritud. Mullaselgrootute võõrliikide sissetoomist ja ellujäämist pole Eestis varem kompleksselt uuritud, ning käesolev lõputöö püüabki seda lünka täita. Antud teemat on oluline uurida, kuna Euroopas puuduvad riikidevahelisel kaubandusel piirangud ja mullaelustiku invasiooni võib olla raske märgata. Lisaks on mitmete liikide puhul ebaselge, kas pidada neid omamaiseks või sissetooduks. Rühmad, keda antud töös vaadeldi, olid hulkjalgsed (Myriapoda), kakandilised (Isopoda), lestad (Acari), putukad (Insecta) ja vihmaussid (Lumbricidae).

Bakalaureusetöö eesmärgiks oli uurida, milliseid mullaelustiku liike (ja kõrgemaid taksoneid) võib koos avamaataimede istikute kasvusubstraadiga ja imporditud muldadega Eestisse saabuda, ja millised liigid võivad siin ellu jääda. Sellest lähtuvalt püstitati kaks hüpoteesi:

1. Imporditavate kasvusubstraatidega ja taimeistikutega koos tuuakse Eestisse elusat mullafaunat;
2. Osa sisse toodud mullafaunast on võimeline Eesti looduses ellu jääma ja moodustama püsiva populatsiooni.

Esimese hüpoteesi kontrollimiseks võeti üle 40 proovi Eestisse sissetoodavatest muldadest, istikutest ja potilillede muldadest, ning loendati ja määrati seal leiduvad selgrootud liigi või kõrgema taksonini. Teise hüpoteesi kontrollimiseks uuriti valitud mullaselgrootute rühmi kohas, kus on teadaolevalt pikaajaliselt istutatud taimede võõrliike (Tartu Ülikooli botaanikaaed), ning võrreldi leitud faunat sarnase kontrollalaga Tartus, kus märkimisväärset istutamist pole toimunud.

1. Üldosa

1.1. Võõrliigid ja bioinvasioonid

Võõrliik on liik, alamliik või madalam taksonoomiline üksus, mis on levinud väljapoole tema harilikku areaali. Kokkuleppeliselt mõistetakse Eestis võõrliikide all loomi, kes on saabunud Eestisse alates 19. sajandi lõpust (Keskkonnaagentuuri kodulehekülg, 2021). Viimastel sajanditel on suur enamus võõrliikidest saanud oma uude elukohta levida tänu inimestele (Davis, 2011). Paljud võõrliigid on sisse toodud tahtlikult, näiteks erinevad põllu ja metsakultuurid, kultuur- ja ilutaimed, jahiulukid ja kalad (Eek & Kukk, 2013). On avaldatud arvamust, et Eestisse jõuab igal aasta sadu võõrliike (Kangur et al, 2005). Eesti raamseadustik ei käsitle võõrliikidega seotud olulisemaid valdkondi, nagu kontroll impordi üle, varajase leviku tuvastamine ja leviku piiramine (Eek & Kukk, 2013). Seotud seaduslik raamistik lähtub looduskaitseseaduse § 57 (Looduskaitseseadus, 2021).

Võõrliigi levimine sõltub mitmetest asjaoludest: vastupidamisvõimest transpordil, sobivast keskkonnast uues elupaigas, ligipääsust eluks vajalikele ressurssidele (vesi, ruum, toit). Suguliselt sigivatel liikidel on vajalik ka vastassoo olemasolu (Davis, 2011).

Invasiivne liik on liik mis on sisse toodud uude elupaika inimese kaasabil, püsides ja levides seal ning seeläbi ohustades kohalikku ökosüsteemi või selle osi (Eek & Kukk, 2013). Invasiooni reegli järgi suudab ligikaudu 10% liikidest uues elukohas ellu jääda, nendest omakorda 10% võib muutuda invasiivseks (Williamson & Fitter, 1996). Bioloogilise mitmekesisuse konventsiooni (Bioloogilise mitmekesisuse konventsioon, 2021) artikkel 8, lõige h kohaselt tuleb vältida invasiivsete võõrliikide sissetoomist, tagada kontroll ja hävitada need võõrliigid, mis ohustavad ökosüsteeme, elupaiku või liike. Ennetamine ja varajane reageerimine on võitluses võõrliikidega olulised, tähtis on nendega tegeleda enne, kui nende arvukus jõuab kriitilise läveni (Pluess et al., 2012). Võõrliikidega seotud probleemidega tegelemiseks on vajalik riski hindamine, saabumisteede ja vektorite väljaselgitamine, varajane avastamine ja kohene reageerimine (Pyšek & Richardson, 2010). Maismaaselgrootud on kõige laiemalt levinud võõrorganismide grupp Euroopas, teadaolevalt pärineb 1296 liiki teistelt kontinentidelt. Sellele lisaks on veel 964 liiki, kes pärineb küll mingist Euroopa piirkonnast, aga on võõrliik mõnes teises Euroopa osas (Roques et al., 2009). Seejuures, Euroopast leitud võõrliikidest 694 ei ole tunginud rohkem kui ühte riiki. Kümne aasta taguse uuringu kohaselt on lüljalgsete võõrliike leitud enim

Itaaliast (700). Saksamaalt on leitud 404, Hollandist 289, Poolast 261, Lätist 111 ja Eestist 86 võõrliiki (Roques, 2010). Kusjuures, 26% Euroopas leitud võõrliikidest pärineb Aasiast, 20% Põhja-Ameerikast ja 7% troopilistest või lähistroopilistelt aladelt (Roques et al, 2009). Enamuse putukate, lestade ja nematoodide võõrliikidest (38%) saavad saastunud aianduskaubaga, milleks on näiteks istikud, lõikelilled ja bonsaid (Kenis et al, 2007; Roques et al, 2009). Euroopa lüljalgseid võõrliike käsitlevas töös leiti, et 1341 liigist 86% olid sisse toodud tahtmatult (Rabitsch, 2010). On leitud, et nende hulgas domineerivad just putukad (87%), eelkõige mardikalised, nokalised ja kiletiivalised, kes moodustavad nendest 65% (Roques, 2010). Paljud selgrootud võõrliigid elavad Euroopas (34%) tehiskeskkondades (nt. siseruumides ja kasvuhoonetes), pargid ja aiad on koduks 24% võõrliikidest ning looduslikes keskkondades elab 20% võõrliikidest (Roques, et al, 2009). Ajavahemikul 2000 kuni 2008 leiti Euroopas aastas keskmiselt 19,6 lüljalgsete hulka kuuluvat võõrliiki (Roques, 2010). Kõige edukamalt saab võõrliikide tõrjet teha just tehiskeskkonnas, raskem on looduslikes kooslustes (Pluess et al, 2012). Euroopa Liidu praegune seadusandlus imporditavate substraatide osas on palju vähem range kui USA, Kanada, Austraalia ning Uus Meremaa vastavad õigusaktid. Kogu kontroll Euroopa Liitu saabudes oleneb transiitriigi sadamast, kus kontrollitakse ainult väikest osa importmuldadest (IUCN, 2019). Vähe on tehtud uuringuid, mis käsitlevad mulla transporti ja õiget käitlemist piirikontrollis (McNeill et al, 2011). Samuti ei ole taimse materjali liikumine Euroopasse ja Euroopa siseselt hästi dokumenteeritud (Eschen et al, 2015). Euroopa siseselt piiranguid puuduvad, kuna Euroopa Liidus toimub kaubandus piiranguteta (Põllumajandus- ja toiduamet, 2021). Teadaolevalt on Holland suurim mullapallidega taimede sissetooja Euroopa Liidus. Lisaks on Euroopa Liidu siseselt Holland ja Saksamaa ühed suurimad noortaimede turustajad (IUCN, 2019). Taimse materjali kaubavahetusega toimuvat lüljalgsete võõrliikide sissetoomist on leitud Põhja-Euroopast ka varem (Sæthre et al, 2010). Samuti on täheldatud nende looduses ellu jäämist (näiteks Teravmägedel, kus uuriti imporditud muldi ja leiti 11 uuti liiki kohaliku fauna jaoks) (Coulson et al, 2013). Botaanikaedadesse on juba ajalooliselt toodud palju võõrliike (sh tahtmatult saastunud mullapalliga ka mullaelustikku). Alates 1950. aastast on rajatud üle poole maailma 2500-st tähtsamast Botaanikaaiast (Crane et al, 2009). Uusi taimi istutades tuuakse tahes-tahtmata mullapalliga lisaks floorale ka faunat. Botaanikaedade mullaelustikku on uuritud Portugalis, Portos (Santos, 2017) ja Ungaris Szarvasi arboreetumis, kus avastati teadusele 2 uut lestaliiki ja lisaks veel Ungarile 4 uut liiki (Mahunka & Mahunka-Papp, 1999). Šotimaal seostatakse vihmaussidest toituva invasiivse

lameussi *Arthurdendyus triangulatus* (= *Artioposthia triangulata*) levikut botaanikaadadega (Boag & Yates, 2001).

1.2 Mullaselgrootute ökoloogia ja jaotus

Mullaks nimetatakse biotilise ja abiotilise looduse kauakestval vastastikusel toimel tekkinud maakoore pindmist kobetat kihti (Masing, 1992). Muld on ühenduslüli hüdrofääri, litsofääri ja atmosfääri vahel (Eisenbeis, 2006). Mullas eristatakse kolme faasi, milleks on tahke, vedel ja gaasiline. Tahke faas koosneb mineraalsest ja orgaanilisest osast, kuhu liigitatakse ka mullafauna esindajad. Mullapoorideks nimetatakse tahkete osakeste vahelist ala, mis on täidetud õhu või veega (Astover et al, 2017). Mullapoorid (läbimõõduga 0,2 µm kuni 2 mm) tagavad mullaorganismidele sobiva elupaiga (Ivask, 2019b). Viljaka mineraalmulla huumushorisondis on mullapoorides õhku ja vett 20 - 30%. Ligikaudu pool tüüpilise mineraalmulla huumuskihi mahust moodustavad poorid, 45% on mineraalosa ja allesjäänud 5% on orgaaniline osa (Astover et al, 2017).

Mullafauna ehk edafoni moodustavad loomad, kes veedavad kogu elu või mingi osa oma elutsüklist mullas. 470 milj. a tagasi koloniseeriti maismaa esimeste taimede poolt (Brown & Lemmond, 2011). Ligikaudu samal ajal ilmusid ka esimesed pinnaselüliljalsed, nende seas arvatavasti ka lestad, hooghännalised ja hulkjalgsed (Cloudsley-Thompson, 1988). Enamus mulla lüliljalgseid elab mulla ülemistes kihtides (Eisenbeis & Wichard, 1987). Parasvöötme metsas võivad mullalüliljalsed elada kuni 18 - 28 cm sügavusel (Andre et al, 2002). Mullafauna osaleb paljudes mullas toimuvates protsessides, sealhulgas mullatekkes ja huumuse moodustumises. Mullas elavad detritofaagid muundavad läbi keeruliste protsesside surnud orgaanika huumuseks (Reintam, 2004). Igal aastal lagundavad mullaselgrootud parasvöötme metsas ligikaudu 400 g/m² varist (Menta, 2012). Nad mõjutavad primaarproduktiooni vabanenud toitainete ringlusse laskmisega. Mullafauna puudumisel langeb ka mikroobide aktiivsus (Setälä et al, 1998). Edafoni mitmekesisus ja ohtrus parandab mulla struktuuri ja poorsust läbi kobestamise ja mulla segamisel (Menta, 2012). Mikrolüliljalsed mängivad olulist rolli sammalde viljastumises (Cronberg et al, 2006).

Organismide eluviisi ja morfoloogiliste kohastumuste järgi saab mullafaunat klassifitseerida järgmiselt (Menta, 2012):

1. Ajutiselt mitteaktiivsed geofiilid - kelle side mullaga on nõrk, nad viibivad mullas, et läbida moone või otsida kaitset ebasoodsate keskkonnatingimuste eest.
2. Ajutiselt aktiivsed geofiilid - kes veedavad suure osa oma elust pidevalt mullas. Peamiselt kuuluvad siia putukad mingis oma elustaadiumis (mõned mardikalised, kahetiivalised, liblikalised ja võrktiivalised).
3. Perioodilised geofiilid - kes elavad mingi periood mullas (tavaliselt vastsenä), kuid läbi elu on nad seotud mullaga, kus nad kütivad, varjuvad, munevad jne. Näiteks mardikalised.
4. Geobiondid - ei välju mullast mitte kunagi, kuna neil puuduvad selleks vastavad kohastumused. Siia kuuluvad paljud lestad, kakandid ning hulkjalgsed, enamik hooghännalistest ja mitmed teised.

Mullaelustik jaguneb isendite keha suuruse alusel mikrofaunaks, mesofaunaks, makrofaunaks ja megafaunaks. Mikrofauna ja meiofauna hulka kuuluvad väga väikesed ühe- või mitmerakulised loomad, kelle keha suurus jääb vahemikku 20 µm kuni 200 µm: näiteks kuuluvad siia tervikuna kogu ainuraksete rühm ja samuti ka ümarussid (Nematoda), väikesed lestad ja teised poolveelise eluviisiga rühmad nagu loimurid (Tardigrada) ja keriloomad (Rotifera) (Menta, 2012). Paljud mikrofauna selgrootud on kohastunud toime tulema ekstreemsetes keskkonnatingimustes, pidades vastu nii kuivusele kui külmale (Ivask, 2019b). Mikrofauna esindajatest on mulla toiduahelas väga oluline roll algloomadel, kuna nad reguleerivad toitainete ringlust, eelkõige lämmastikuga seonduvat ja mõjutavad otseselt seente ja bakterite populatsioonide arvukust, näitena võib tuua amööbi, kes võib süüa päevas 10 000 bakteri. Samuti on algloomad väga oluline toit teistele loomadele, eelkõige ümarussidele (Eisenbeis, 2006). Mikrofauna näol on tegemist ühenduslülina esmaste lagundajate ja suuremate detriidi sööjate vahel toiduahelas.

Mesofauna (200 µm kuni 2 mm) moodustavad põhiliselt hooghännalised ja lestad. Lisaks kuuluvad mesofauna hulka ebaskorpionilised (Pseudoscorpiones), ümarussid, keriloomad, koibikulised (Opiliones), hulkjalgsed (Myriapoda), väiksemad kakandilised (Isopoda) ja putukate (Insecta) vastsed (Menta, 2012). Mesofauna avaldab mõju toitumisahela kõikidele lülile ja aineringle, see hõlmab taime- ja loomajäänuste töötlemist, väljaheitetombukeste

väljutamist, seente ja bakteri aktiivsuse ning arvukuse piiramist (Ivask, 2019b). Samas on nad ka seente eoste ja bakterite levitajateks (Nietschke et al, 2011). Seejuures, nende elutegevuse tagajärjel tekivad mullas poorid, mistõttu nad on tuntuid kui 'ökosüsteemi insenerid' (Lavelle, 1997). Mesofauna mitmekesisusest ja aktiivsusest sõltub huumusainete moodustamise kiirus ja intensiivsus (Ivask, 2019b).

Makrofauna (2 mm kuni 20 mm) hulka kuuluvad enamused putukaid, väikesed vihmaussid (Lumbricidae), valgeliimuklased (Enchytraeidae) teod (Gastropoda), ämblikud (Araneae) ja maismaakakandilised (Oniscidea) (Menta, 2012). Parasvöötme aladel on kõige tähtsamateks makrofauna esindajateks vihmaussid; soojades ja poolkõrbelistes bioomides aga termiidilised (Isoptera) ja sipelglased (Formicidae) (Eisenbeis, 2006).

Megafauna hulka kuuluvad nii selgrootud kui selgroogsed loomad, kelle keha pikkus ületab 20 mm: näiteks vihmaussid, teod, hulkjalgsed, mardikad ja nende vastsed ning ämblikud. Samuti loetakse megafauna hulka mulda kaevuvad selgroogsed: näiteks väikesed närilised (Rodentia), mutlased (Talpidae), kahepaiksed (Amphibia) ja roomajad (Reptilia) (Menta, 2012).

1.3. Uuritud mullaselgrootute rühmad

Lestad (Acari)

Lestad (Acari) kuuluvad ämblikulaadsete klassi (Arachnida) lõugtundlaliste (Chelicerata) alamhõimkonda. Üksmeel lestade fülogeneetiliste suhete osas puudub (Sharma et al, 2014). Lesti jagatakse kahte suurde gruppi: ülemselts (või selts) pärislestalised (Acariformes) ja ülemselts (või selts) nugilestalised (Parasitiformes). Pärislestaliste vanimad fossiilsed leiud on pärit Devoni ajastust (410 miljonit aastat tagasi) (Dunlop & Selden, 2009). Pärislestalised jagunevad omakorda kaheks seltsiks (või alamseltsiks): sarvlestalised (Oribatida) ja imilestalised (Trombidiformes ehk Prostigmata) (Dunlop & Selden, 2009; Zhang, 2011). Tegemist on väga mitmekesise elustikurühmaga, neid võib leida troopilistest vihmametsadest, kõrbedest, arktilistest tundratest, Antarktikast, mageveest ja süvaookeanist (Walter, 2009a). Lestad on uute elupaikade ühed esimesed asustajad (Hågvar et al, 2009). Kõige arvukamad on lestad mullas, seal on ka nende liigiline mitmekesisus suurim (Walter & Proctor, 2013b). Kuigi nad võivad elada mullas mitme meetri sügavusel (Krantz & Walter, 2009), on nende peamiseks elupaigaks suure orgaanilise aine sisaldusega poorsed ülemised

mullahorisondid (Walter & Proctor, 2013b). Eestis võib metsas leida ühelt ruutmeetritl kümneid liike ja kuni sadu tuhandeid lestaisendeid (Sammet, 2019). Liikidel, kes toituvad seentest, on oluline roll eoste levikul (Lilleskov et al, 2005). Mullalesti, kes toituvad elus taimede kudetest, leidub vähe (Krantz, 2009c). Oma väikese suuruse tõttu võivad lestad levimiseks kasutada zoohooriat (foreesi), levides enamasti tiibadega putukate abil (Walter, 2009a, Walter & Proctor, 2013a). Lesti on leitud ka lindude sulestikust, mistõttu võib arvata, et nad võivad edasi kanduda ka lindude abiga (Krivolutsky & Lebedeva, 2004). Samuti võivad lestad levida tuulega: neid on leitud kuni 160 m kõrguselt õhust (Lehmitz et al, 2011). Kümne aasta tagusest uuringust selgus, et Euroopas on vähemalt 87 lestad võõrliiki, kuid nende puuduliku uurituse ja levikuandmestiku tõttu tõenäoliselt rohkemgi (Navajas et al, 2010).

Nugilestalsed (Parasitiformes)

Nugilestaliste hulka kuuluvad seltsid (või alamseltsid) röövlestalsed (Mesostigmata) ja puugilised (Ixodida). Nugilestalisi on seni kirjeldatud ligikaudu 11500 liiki (Beaulieu et al, 2011), nad moodustavad ligikaudu 20% kõigist lestaliikidest (Castilho et al, 2015). Hinnangulisel võiks Eestis leiduda 600 nugilestalise liiki, seni on kindlaks tehtud vaid 112 liik (Sammet, 2019, K. Sammet, avaldamata andmed). Röövlestaliste suurus jääb enamasti vahemikku 0,2 mm kuni 4,5 mm (Lindquist et al, 2009). Nende keha jaguneb kaheks: idiosooma (podosooma), mis kannab jalgu ja lõugtundlate ning pedipalpidega peaosaks, puusad on vabad ja silmad puuduvad (Karg, 1993). Nende elutsükkel algab vastsenä (kolm paari jalgu), järgnevad kaks nümfiastaadiumit (neli paari jalgu) ja täiskasvanu staadium (Lindquist et al, 2009). Enamus nugilestalisi on vabalt elavad kiskjad, kuid on ka selgroogsete parasiite, vähesed toituvad seentest, nektarist või õietolmust (Lindquist et al, 2009).

Pärislestalsed (Acariformes)

Keha jaguneb kaheks (prodorsum ja hüsterosooma), mida lahutab seiugaalvagu (teise ja kolmanda jalapaari vahel). Prodorsumil esinevad enamasti trihhobotriumid (mehhanoretseptorid) ja kuni viis silma (Norton & Behan-Pelletier, 2009). Pärislestaliste elutsükkel koosneb seitsmest osast - munast, eelvastses (enamasti munasti), vastsest (kolm jalapaari), enamasti kolmest nümfiastaadiumist (protonümf, deutonümf, tritonümf; neli jalapaari) ja täiskasvanu staadiumist (Klompen, 2000; Krantz & Walter, 2009). Eluiga võib ulatuda nelja-viie aastani (Schatz, 1985; Norton & Behan-Pelletier, 2009). Osad liigid

paljunevad partenogeneetiliselt, seega võib piisata ainult ühest isendist uute alade koloniseerimiseks (Walter, 2009b). Maailmas on leitud ligikaudu 42 000 pärislestalise liiki ja Eestist ligikaudu 500 (Sammet, avaldamata andmed). Pärislestaliste mullas domineeriv selts on sarvlestalised (Oribatida). Sarvlestalised on ühed kõige arvukamad mullalüliljalsed (Behan-Pelletier, 1999). Metsamullas ja varises võib ühel ruutmeetril olla 500 000 sarvlesta 100-st liigist (Schatz & Behan-Pelletier, 2008). Nende kehasuurus jääb enamasti vahemikku 0,2 kuni 1,4 mm (Hoy, 2008). Sarvesti on ligikaudu 16 000 liiki (Zhang, 2011). Nad on tüüpilised k-elustrateegia esindajad (Hansen, 2000), neile on iseloomulik aeglane ainevahetus ja areng, pikk eluiga ja madal viljakus (Lebrun & van Straalen, 1995). Sarvestadel on paikne eluviis (Lebrun & van Straalen, 1995). Enamik sarvestaliike elab maismaal, kuid on teada umbes 90 mageveeliiki (Schatz & Behan-Pelletier, 2008). Sarvestade liigiline mitmekesisus on suurim soojadel parasvöötme aladel (Maraun et al, 2007). Sarvestad on suures enamuses mükofaagid, kes söövad seeneniidistikku ja eoseid, samuti mikroobidega kaetud surnud taimset materjali (Hansen, 2000). Samuti võivad nad toituda samblikest, väiksematest vetikatest, õietolmust, nematoodidest ja teisest mikrofauna loomadest (Walter, 2009; Norton & Behan-Pelletier, 2009). Ise on nad toiduks koibikulistele, hulkjalgsetele, sajajalgsetele ja mardikalistest näiteks pihumardiklastele (Ptiliidae) ja lühitiiblastele (Staphylinidae) (Hoy, 2008).

Hulkjalgsed (Myriapoda)

Hulkjalgsed on jagatud nelja klassi: harusabased (Symphyla), harvjalgsed (Pauropoda), sadajalgsed (Chilopoda) ja tuhatjalgsed (Diplopoda) (Brusca & Brusca, 2016). Hulkjalgsed on maismaalise eluviisiga loomad: ükski neist ei asusta veebioome, kuid on olemas liike, kes võivad pikemalt vees viibida (Geoffroy, 2015). Nende keha koosneb peast ja paljudest jalgu kandvatest segmentidest, peas on kaks või kolm paari suiseid ja üks paar tundlaid (Lewis, 1981). Maailmas on leitud 15 096 hulkjalgseliiki (Adis & Harvey, 2000). Eestist oli leitud 2018. aasta seisuga 52 hulkjalgseliiki (Sammet et al, 2018). Euroopas on leitud 40 võõrpäritolu hulkjalgsete liiki, nendest hinnanguliselt 30% on võimelised elama vabas looduses. 70% kõigist tulnuk-hulkjalgsetest on pärit lähistroopikast või troopikast, kuid on teada ka Euroopa sisest võõrliikide levikut, kus lõunast pärit liigid on sattunud oma areaalist põhja poole (Stoev et al, 2010).

Sadajalgased (Chilopoda)

Harilikult parasvöötme aladele jäävad loomad on 1 kuni 10 cm pikkused (Lewis, 1981), pikimad Eestis on kuni 5 cm pikkused (Ivask, 2019b). Sõltuvalt liigist on neil 15 kuni 181 paari jalgu, alati üks paar keha segmendi kohta (Lewis, 1981). Sadajalgased on enamasti röövtoidulised (Brusca & Brusca, 2003). Nende esimese keha segmendi jalga on muundunud lõugjalgadeks, mille tipus asetsevad mürginäärmed, mida kasutavad saakloomade surmamiseks (Lewis, 1981). Nad on öise eluviisiga ja eelistavad kõrge niiskustasemega elupaiku (Lewis, 1981). Kõige enam eelistavad nad elada troopilise kliimaga aladel (Lin & Wiegand, 2014). Euroopast on leitud 585 sadajalgse liiki, (Simaiakis & Strona, 2015), sealhulgas 16 võõrliiki (Stoev et al, 2010). Eestist on leitud 20 liiki (Sammet et al, 2018).

Tuhatjalgsed (Diplopoda)

Tuhatjalgsete kehapikkus jääb enamasti vahemikku 4 mm kuni 26 cm (Enghoff, 1992). Nende igal kehalülil on kaks paari jalgu, välja arvatud esimesed kolm kehalüli, kus on üks paar jalgu. Neil on 2 paari suiseid, liitsilmad on olemas või puuduvad (Lewis, 1981; Brusca & Brusca, 2003). Enamus tuhatjalgsetest elab maapinnal ja varisekihis (Blower, 1985), kuid neid leidub ka kõrbetes, mäestikes, koobastes, magevee ja mere rannavööndis, puukoore all, puude võrades, lindude ja sipelgate pesas (Golovatch & Kime, 2009). Sügavamale mulda liiguvad nad munemiseks, kestumiseks või selleks, et vältida ebasoodsaid keskkonnatingimusi (kuivust) (Blower, 1985; Golovatch & Kime, 2009). Tuhatjalgsed on taimetoidulised, paljud neist on detriidisööjad, aidates mullas kaasa energia ja toitainete liikumisele (Crawford, 1992). Parasvöötme metsas lagundavad tuhatjalgsed ligikaudu 10 - 15% lehevarsisest (Golovatch & Kime, 2009). Mõned liigid on võimelised sigima partenogeneetiliselt. Vähesed saavad suguküpsiks esimese eluaasta jooksul. Tuhatjalgne läbib kuni 8 kestumist (Blower, 1985). Erinevatel andmetel on maailmas kirjeldatud üle 12 000 (Sierwald & Bond, 2007) või 7753 tuhatjalgse liiki (Zhang, 2011). Eestis on publitseeritud andmeid 27 liigi esinemise kohta (Sammet et al, 2018). Euroopast on leitud 20 tuhatjalgsete võõrliiki (Stoev et al, 2010).

Kakandilised (Isopoda)

Kakandilised (Isopoda) on selts vähilaadsete (Crustacea) alamhõimkonnast ja ülemvähkide (Malacostraca) klassist. Enamus kakandiliike elab veekogudes. Maismaakakandilised (Onicidea) on kakandiliste suurim alamselts (Sutton, 1980; Brusca & Brusca, 2016).

Üldiselt jääb loomade suurus vahemikku 1,2 kuni 30 mm (Paoletti & Hassall, 1999). Nende keha jaguneb kolmeks osaks: pea, rindmik ehk pereon ja tagakeha ehk pleon (Sutton, 1980). Pea küljes on liitsilmad. Täiskasvanud isenditel on seitse jalapaari, noorloomadel on enne esimest kestumist üks jalapaar vähem (Oliver & Meechan, 1993). Maismaakakandistel on pikk eluiga, mis võib küündida 3-4 aastani (Ivask, 2019a), järglasi võivad nad anda kuni 3 korda aastast (Capinera, 2008). Maismaakakandilised asustavad väga erinevad biotoope: mäestikke, kõrbeid, põllumajandusmaastikke ja metsi (Paoletti & Hassall, 1999). Nad toituvad lagunevast orgaanikast nagu näiteks lagupuidust ja lehevarisest, samuti loomsest materjalist ja omaenda väljaheidetest (Oliver & Meechan, 1993). Ise nad on toiduks paljudele teistele loomadele (sadajalgsete, ämblikud, pisiimetajad, linnud jt) (Oliver & Meechan, 1993). Maailmas leidub ligikaudu maismaakakandilisi 3 750 liiki (Schmalfuss, 2003). Eestis on teadaolevalt 16 liiki maismaakakandilisi (Sammet, avaldamata andmed). Euroopast on leitud 13 kakandi võõrliiki, kellest suur enamus on pärit troopilistest ja lähistroopilistelt aladelt, lisaks on 21 Lõuna-Euroopast pärit liiki leitud Kesk- ja Põhja-Euroopa kasvuhoonetest. Kõige rohkem kakandite võõrliike on leitud Suurbritanniast (11 liiki), järgneb Holland 10 liigiga ja Saksamaa 9 liigiga, kusjuures enamus leide on pärit botaanikaaedadest, kasvuhoonetest, parkidest või koduaedadest. See annab alust arvata, et nad on sinna sattunud imporditud muldade, komposti või taimedega (Cochard et al, 2010). Paljud tänapäeval Põhja-Ameerikas elavatest liikidest pärinevad Euroopast (Capinera, 2008).

Hooghännalised (Collembola)

Hooghännalised (Collembola) kuuluvad kuuejalgsete (Hexapoda) ülemklassi. Nad on jagatud nelja seltsi: Neelipleona, Entomobryomorpha, Symphypleona ja Poduromorpha (Deharveng, 2004). Nad kuuluvad koos tõukjalaliste (Protura) ja harkhännalistega (Diplura) siselõugsete (Entognatha) rühma (Bellinger et al, 2021). Enamusel hooghännalistest on tagakehal hüppehark, kolm jalapaari, kaks liitsilma ning tundlad (Hopkin, 1997). Täiskasvanud isendi suurus jääb üldistades vahemikku 0.2 mm kuni 17 mm (Christiansen et al, 2009). Hooghännalised on ühed kõige laiemalt levinud ja ohtramad mullalüliljalgsed. Kõige arvukamad on hooghännaliseid metsamuldades, kuid neid leidub ka niitudel ja põllumaade muldades, taimedel ja isegi liustikel (Fiera & Ulrich, 2012). Nad on ülimalt vastupidavad ja võivad ellu jääda üle kahe nädala ilma õhuhapnikuta mere ja ookeanide soolases vees (Coulson et al, 2002). On olemas ka liike, kes võivad elada aastaid alla -20° C temperatuurises pakases (Coulson & Birkemoe, 2000). Hooghännaliste eluiga jääb

keskmiselt 5-6 kuu vahele (Kanal, 2004), leidub ka liike, kes võivad elada paar aastat (Hopkin, 1997). Nende põhilisteks vaenlasteks on lestad, sipelgad ja mardikad (Hopkin, 1997). Osad liigid on võimelised partenogeneetiliselt paljunema (Zettel, 2010). Enamik liike toituvad lagunevatest taimejäänustest ja seeneniidistikest aga leidub ka elusatest taime osadest toituvad liike ja röövtoidulisi, kes toituvad mulla mikrofaunast (keriloomad ja nematoodid), samuti esineb kannibalismi (Hopkin, 1997 ; Endlweber, 2009). Nad mõjutavad taimedel osade seenhaiguste kulgu (Hopkin, 1997) ja nende väljaheitel on oluline roll seente eoste levitamisel (Menta, 2012) ning nad mõjutavad taimeseemnete idanevust ja sammalde paljunemist (Cronberg et al, 2006). Maailmas on 2021. aasta seisuga kirjeldatud üle 9200 hooghänna liigi (Bellinger et al, 2021). Lätis 200 ja Rootsis 285. Poolast 468, Saksamaalt 430, Itaalia, 420, Hollandist 204 (Ulrich & Fiera, 2009). Eestis 87 (Luig, 2003). Euroopast on leitud 3 võõrliiki (Zettel, 2010).

Putukad (Insecta)

Klass putukad (Insecta) kuuluvad samuti kuuejalgsete (Hexapoda) ülemklassi. Neist käsitletakse antud töös ainult uuritud ja mullafaunaga seotud seltse. Nendeks on nahktiivalised (Dermaptera), mardikalised (Coleoptera) ja kiletiivalised (Hymenoptera, sugukond sipelglased (Formicidae). Putukate keha koosneb kolmest osast - pea, rindmik ja tagakeha. Peas paiknevad enamasti liit- ja lihtsilmad, tundlad ja suised. Ringmikule kinnitub kolm paari jalgu ja lendavatel vormidel kaks paari tiibu.

Nahktiivalised (Dermaptera)

Nahktiivaliste (Dermaptera) seltsi kuuluvad 4-80 mm pikkused putukad. Neil on pikk ja paindlik keha, mille tagatipus on hargitaoline lisand. Eestiivad on lühenenud ja moondunud kattetiibadeks, tagatiivad on laiad ja lehvikjad (Capinera, 2008). Nad on vaegmoondega putukad, kellel on 4-5 vastsejärku (Rasplus & Roques, 2010). Enamus neist on öise eluviisiga troopiliste alade elanikud. Päeval peituvad kivide ja puutüvede alla ning muudesse niiskettesse kohtadesse (Capinera, 2008). Nad toituvad surnud ja elusast taimsest materjalist, vetikatest, seeneniidistikust ja loomsest toidust (lehetäilised, lestad ja kilptäid) (Eisenbeis & Wichard, 1987; Rankin & Palmer, 2009). Ise nad on toiduks osadele mardikatele, madudele, konnadele, lindudele ja nahkhiirtele (Rankin & Palmer, 2009). Euroopast on leitud 87 nahktiivalise liiki. Itaaliast on leitud 27 liiki, Saksamaalt 9, Poolast 6 (Fontana et al, 2021).

Eestist on leitud 2 (Luig, 2003). Euroopast on avastatud 5-6 liiki võõrliiki (Kocarek et al, 2015; Matzke & Kocarek, 2015; Fontana et al, 2021; Zafeiriou et al, 2021).

Kiletiivalised (Hymenoptera)

Kiletiivalised on täismoondega putukate üks liigirikkamaid seltse. Euroopast on leitud 286 kiletiivaliste võõrliiki 30 eri sugukonnast. 71 liiki on pärit Euroopast aga võõrliigiks teises Euroopa osas. Vähe on uuritud nende tulnukliikide ökoloogilist ja majanduslikku mõju. Enamus võõrliikidest on pärit Põhja-Ameerikast (96 liiki), millele järgneb Aasia 84 liigiga ja Aafrikast on pärit 49 liiki. Kõige rohkem on leitud võõrliikidest kiletiivaliseid (144) mandri Itaaliast (Rasplus et al, 2010).

Sugukond sipelglased (Formicidae)

Sipelgad jagunevad mitmesse gruppi, suguvõimelistel emastel ja isastel esinevad tiivad, suguvõimetutel töölistel tiivad puuduvad. Sipelglased on ühiselulised putukad. Emane (kuninganna) võib elada kuni 29 aastat (Keller, 1998). Tööliste eluiga on üks-kaks aastat (Graeff et al, 2007). Nende elutsüklil koosneb munast, vastsest, nukust ja täiskasvanust (Franks, 2009). Emased on võimelised munema haploidseid (arenevad alati isased) ja diploidseid mune (arenevad emased, töölistel ja sõdurid) (Franks, 2009). Nad suudavad erinevatest keskkonnades hakkama saada, kuna neil on kõrge paljunemis ja kohastumis võime, mistõttu kolooniatest on raske lahti saada (Capinera, 2008). Paljudel sipelgaliikidel puuduvad looduslikud vaenlased (Bequaert, 1922). Seetõttu võib sipelgaid leida nii troopikast, külmast lähisarktilisest tundrast kui ka kuivadest kõrbetest. Nende elupaigaks on muld, varis, puud ja erinevad inimloodud rajatised (Orgiazzi et al, 2016). Sipelglaste sugukonda kuuluvad Euroopas 650 liiki, kellest 42 on võõrliigid ja seitse Euroopa sisesed võõrliigid. Ühe liigi päritolu on teadmata (Rasplus et al, 2010). Erinevatel andmetel on ainuüksi Hollandist leitud 79 võõrsipelga liiki (Boer & Vierbergen, 2008). Euroopast leitud võõrliigid pärinevad põhiliselt Aasiast (14), 10 liiki on Aafrikast, 7 Lõuna-Ameerikast ja 2 Põhja-Ameerikast (Rasplus et al, 2010). 2014 aastal tehtud uuringus leiti, et 7% kogu maailma sipelgafaunast (12953 liiki) on introductseeritud uute elukohta (Miravete et al, 2014). Viis sipelga liiki on kantud maailma saja kõige ohtlikuma võõrliigi nimekirja (Lowe et al, 2000).

Mardikalised (Coleoptera)

Mardikalised kuuluvad täismoondega putukate hulka, kelle arengutsükkel võib kesta mõnest kuust aastateni. Valmiku eluiga on sageli lühike (paar kuud, talvitujatel pool aastat) (Merivee & Remm, 1973). Mardikad paljunevad valdavalt suguliselt, aga võib esineda ka partenogeneesi (Bouchard et al, 2017). Osadel liikidel võib ühes aastas olla mitu põlvkonda (Gillott, 2005). Täiskasvanud isendite suurus jääb 0,4 mm ja 200 mm vahele (McHugh & Liebherr, 2009). Mardikatel on haukamistüüpi suised, liitsilmad (välja arvatud liikidel, kes elavad pidevalt mullas) (Gillott, 2005). Neile on iseloomulikud jäigad ja tugevad kattetiivad, mille all on kilejad lennutiivad (McHugh & Liebherr, 2009). Mullas elavad mitmed lennutiibadeta, lennuvõimetud mardikad (mitmed jooksiklased) (Orgiazzi et al, 2016).

Mullafauna mardikad elavad lehe varises, huumuses, puude all, pehkivates puudes ning kivide all (Orgiazzi et al, 2016). Hästi kohastunud eluks mullas on sugukonnad jooksiklased (Carabidae), seenemardiklased (Leiodidae), lühitiiblased (Staphylinidae) ja põrniklased Scarabaeidae (Orgiazzi et al, 2016). Mardikaliste hulgas on nii röövtoiduliseid, raipesööja kui taimetoidulisi liike (Gillott, 2005; Nitzu et al, 2008). Paljud mullas elavatest liikidest toituvad hooghändadest, vihmaussidest ja nematoodidest. Leidub ka liike kes söövad seeni või lagunevat puitu (Orgiazzi et al, 2016). Mardikad moodustavad kõige mitmekesisema organismide grupi Maal (Bouchard et al, 2017). Maailmast on leitud 387 100 mardikaliiki (Zhang, 2011). Kõigist kirjeldatud loomadest ja taimest moodustavad mardikad 25% (McHugh & Liebherr, 2009). Euroopast on leitud 27000 mardika liiki 137 sugukonnast (Denux & Zagatti, 2010). Eestist on leitud 3489 liiki (Süda, 2009). Mardikate bioinvasioon on halvasti uuritud (Orlova-Bienkowskaja, 2016).

Vihmauslased

Vihmauslased (Lumbricidae) kuuluvad väheharjasusside (Oligochaeta) alamklassi ja rõngasusside (Annelida) hõimkonda. Vihmauslastel on piklik, paljudeks segmentideks jagunenud keha, mille eesosas paikneb emassuguelundeid kandev vöö, kehal esinevad väikeste harjaste kimbud (Brusca & Brusca, 2003). Loomadest moodustavad vihmauslased kõige suurema biomassi mullas (Blouin et al, 2013). Kõige vähem vihmausse leidub kõrbealadel ja happelistes muldades (okaspuumetsades), enim aga viljakatel rohumaadel (Coleman et al, 2004).

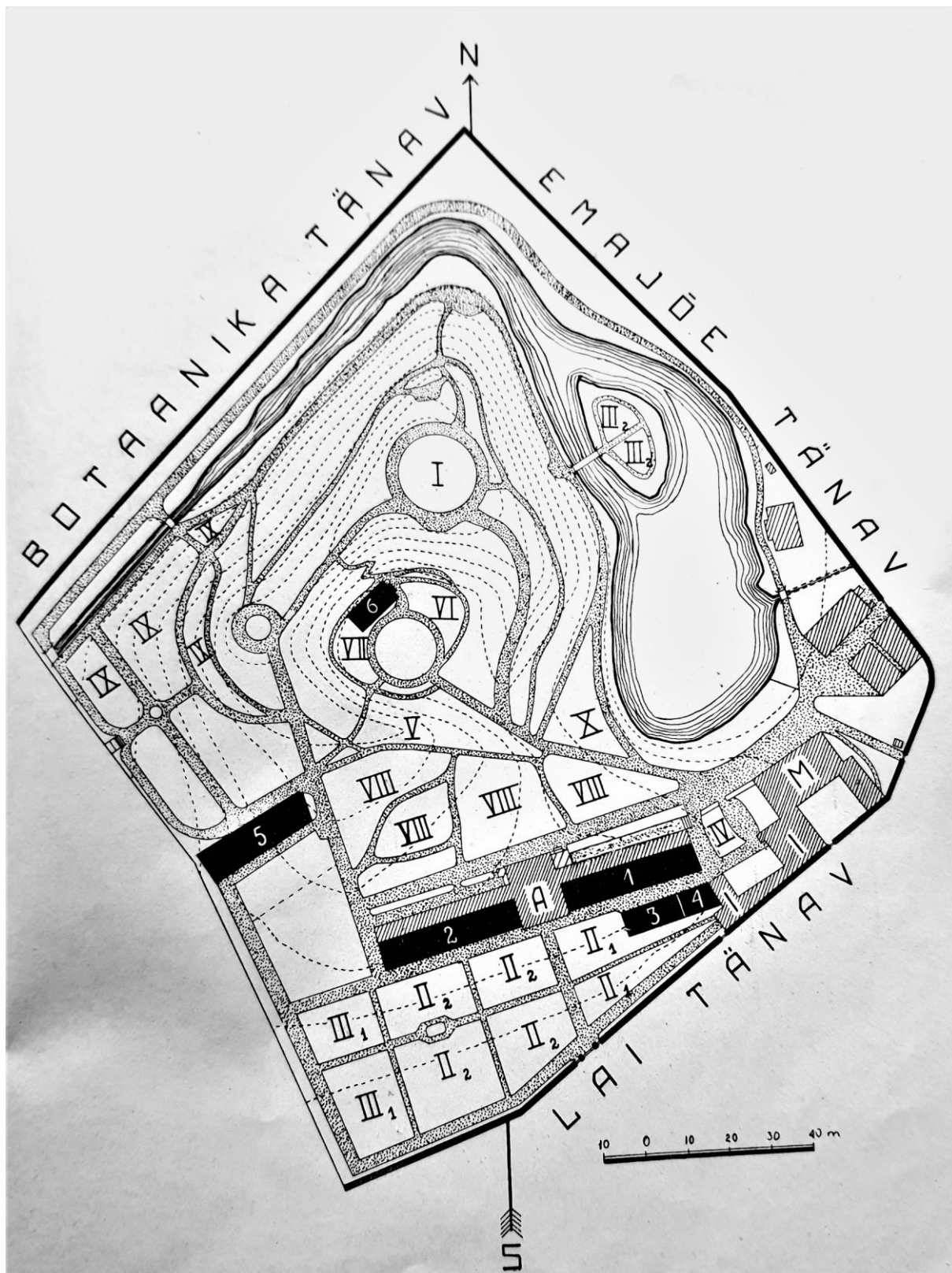
Eristatakse kolme vihmausside ökoloogist rühma: epigeilised, endogeilised ja aneetsilised. Klassifikatsiooni aluseks on nende toitumisharjumused, uuristamine ja elupaigaeelistused (Kavdir & Ilay, 2011). Epigeilised liigid elavad kõdus ja maapinnal. Nad on sageli pigmenteerinud (Ivask, 2019b). Vihmaussi liikidest on nad kõige väiksemad (0,5 kuni 5 cm) (Menta, 2012). Nad toituvad taimejäänustest (peenestavad, tükeldavad ja segavad mullaga) (Ivask, 2019b). Epigeilised liigid on harva uuristavad, mistõttu on neil vähene mõju mulla struktuurile (Kavdir & Ilay, 2011). Endogeilised vihmaussiliigid elavad mulla ülemises kihis, risosfääris. Nad on epigeilistest liikidest suuremad (1 kuni 8 cm) (Mental, 2012) ja vähem pigmenteerunud. Nad uuristavad aktiivselt mullas käike, seejuures läbib nende seedekulglat suur kogus mulda. Osa orgaanilisest ainest seeditakse, ülejäänud väljutatakse, rikastades mulda bakteritele eluks vajaliku substraadiga, samuti õhustatakse ja kobestatakse mulda (Ivask, 2019b). Aneetsilised vihmaussiliigid on kõige suuremad vihmaussid (üle 5 cm), kelle elupaigaks on mitme meetri sügavused urud mullas (Menta, 2012). Neile on omane vertikaalkäikude loomine ning nende loodud urgudel on tugev mõju mulla veerežiimile. Maapinnal käivad ainult taimelehtede järel, millest nad toituvad sügavamal mullas, viies orgaanilisi aineid mulla alumistesse kihtidesse (Ivask, 2019b). Võõrliikidena on vihmausslased levinud peaaegu kõikjal peale kõige külmemate ja kuivemate alade (Hendrix et al, 2008). Eestist on leitud 13 kohalikku liiki vihmausse ja üks võõrliik (*Dendrobaena veneta*) (Timm & Ivask, 2006; Ivask & Sammet, avaldamata andmed).

2. Materjal ja metoodika

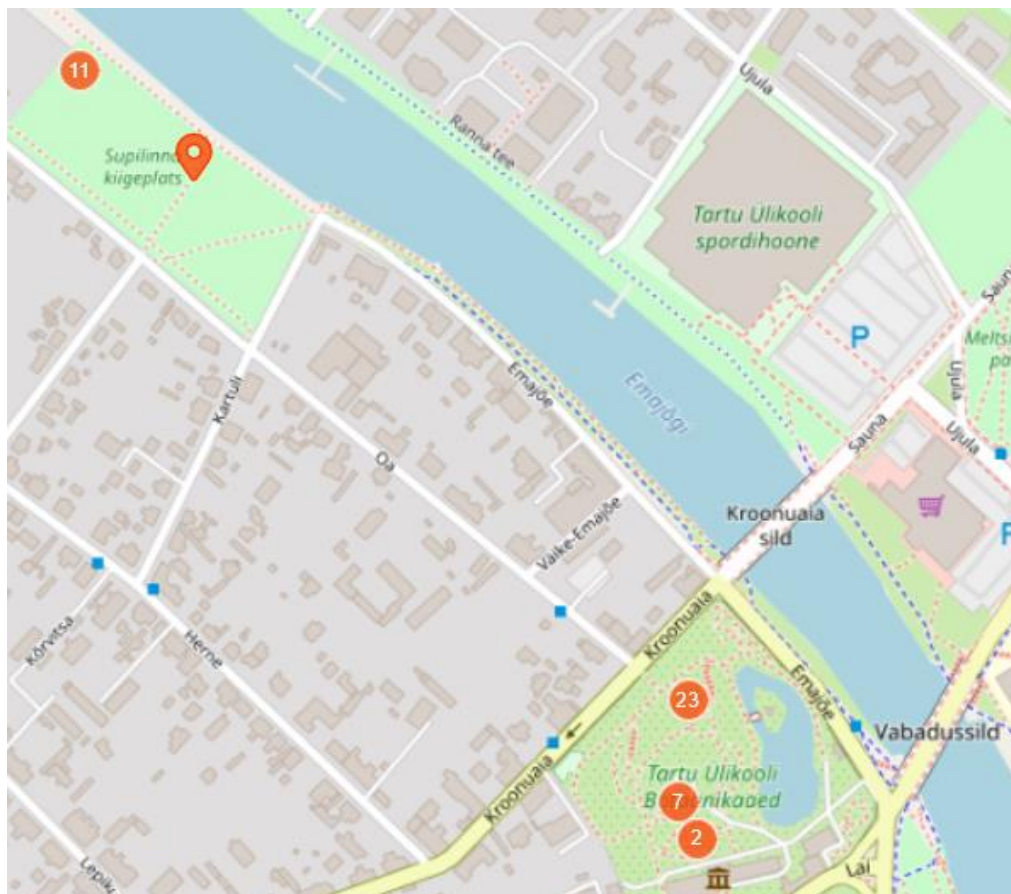
2.1. Proovivõtukohad

2.1.1. Tartu Ülikooli Botaanikaaed

Tartu Ülikooli botaanikaaed loodi 1803. aastal toona linna piirist väljaspool olevale territooriumile, nüüdisaegse Vanemuise pargi kohale. Oma praegusele asukohale Laial tänaval koliti 1806. aastal (Lippmaa, 1937). Tegemist on ühe vanima botaanikaaiaga Ida-Europas (Akkel et al, 1963). Algselt oli ala väiksem kui praegu, kuid 1822. aastal osteti juurde tükk maad, millel tänapäeval kasvavad Põhja-Ameerika taimed ja sellest ajast alates on botaanikaaia suurus 3,5 ha (Tamm, 2003). Nii mõnigi botaanikaaia osa on oma asukohal olnud väga pikka aega nagu näiteks mäestikutaimede osakond pärineb prof. Nikolai Kuznetsovi (1895-1915) ajast, kaheiduleheliste osakond loodi 1909. aastal ja pole oma asukohta muutnud (joonis 1) ning 1993. aastast pärineb turbaaed (Tamm, 2003). Kuid mullastiku seisukohalt ei ole looduslikke muldi botaanikaaias säilinud (Tartu Ülikooli Botaanikaaia kodulehekülg, 2021). Suuremate ajalooliste kogumiseekspeditsioonidena on märkimisväärsed 1826-1827 toimunud reis Altai mäestikku, kust toodi kaasa 42 kasti elusmaterjali ja 1858-1859 aasta retk Pärsiasse, kust toodi 5000 taimeliiki (Lippmaa, 1937). 1810. aastal kasvas botaanikaaias 4360 liiki, nendest 509 olid kohalikud liigid. 1827. aastal suuresti Altai ekspeditsiooni tulemusena võis botaanikaaias näha 10 449 erinevat liiki. 1835. aastaks oli taimeliikide arv langenud 4289-ni kuna kõik Altai reisi liigid ei suutnud meie kliimas aklimatiseeruda. 1915 aastaks oli botaanikaaias taas ligikaudu 10 000 liiki. 1990nendate (1998) lõpuks oli botaanikaaias 6100 taksonit (Tamm, 2003).



Joonis 1. Tartu Ülikooli Botaanikaaiaskeem 1937. aastal (Lippmaa, 1937 järgi).



Joonis 2. Proovivõtukohad TÜ botaanikaaias ja kontrollalal (PlutoF/OpenStreet mapi põhjal). Numbrid tähistavad andmebaasi kantud isendite lähestikku asuvate proovide arvu.

2.1.2. Emajõe-äärne kontrollala

Emajõe-äärne kontrollala (koordinaatidega 58.3885°N ja 26.7153°E) on pargitaoline haljasala Tartus, Supilinnas, mis piirneb läänest Oa, lõunast Kartuli tänavaga ja idast Emajõega. Kontrollala jääb botaanikaaiast ca 600 m kirdesse. Alal kasvavad mõned üksikud puud ja on poollooduslik taimestik. Kontrollala mõtteks antud töös oli leida sarnaste tingimustega linnaala, kuhu pole pikaajaliselt istutatud mitte-pärismaist taimestikku. Nii botaanikaad kui kontrollala on ligikaudu samal kaugusel Emajõest (~50-100 m).

2.2. Proovid

2.2.1 Proovide kogumine

Materjali koguti mitmetest puukoolidest Eestis ja Lätis ostetud materjalist, aianduskauplusest (Tartu Bauhof), Tartu Ülikooli Botaanikaaiast ja kontrollalalt. Aianduskauplusest uuritud substraatide ja potitaimede päritoluriigid olid Eesti, Holland, Itaalia, Poola ja Saksamaa. Proovid koguti käega mullakotist, taime ümber olevast mullapallist või vabast loodusest (Tartu Ülikooli Botaanikaad ja Emajõe äärne kontrollala) 0,25 liitrisse mõõtetopsi. Saastumise vältimiseks pandi iga proov peale kogumist eraldi kilekotti. Proovide maht oli ligikaudu veerand liitrit.

3. oktoobril 2019. aastal koguti vihmausside proove Tartu Ülikooli botaanikaaiast ja Emajõe äärselt kontrollalalt. Proove kogusid Mari Ivask, Kaarel Sammet ja Sirle Varusk. 26. juunil 2020. aastal koguti Emajõe äärse kontrollala mulla proovid. Kogusid Kaarel Sammet ja Sirle Varusk.

Aianduskauplustest võetud proovid klassifitseeriti kahte tüüpi: vaakumpakendis müüdavad kasvusubstraadid (joonis 3) ja lillepottidega müüdavate taimede potimullad (tabel 1).

Tabel 1. Andmed aianduskauplusest võetud proovide kohta

Jrk nr	taim	tüüp	Kogumise kuupäev	Päritolumaa	Muud märkmed
1	<i>Origanum vulgare</i>	potimuld	16.04.2018	Itaalia	Firmalt Amorie Aromi
2	<i>Origanum vulgare</i>	potimuld	16.04.2018	Itaalia	Firmalt Amorie Aromi
3	<i>Origanum vulgare</i>	potimuld	16.04.2018	Itaalia	Firmalt Amorie Aromi
4	<i>Mentha</i>	potimuld	16.04.2018	Itaalia	Firmalt Amorie Aromi
5	<i>Rosmarinus officinalis</i>	potimuld	16.04.2018	Itaalia	Firmalt Amorie Aromi
6	<i>Campanula adansa 'pink'</i>	potimuld	16.04.2018	Holland	Säilivuskuupäev 30.05.18. Firmalt Addenda

7	<i>Vioala cornuta</i> 'Blooming joy' p12'	potimuld	16.04.2018	Holland	Säilivuskuupäev 16.03.18
8	<i>Primula</i> <i>denticulata</i>	potimuld	16.04.2018	Holland	Säilivuskuupäev 10.08.18 Muld oli kuiv
9	<i>Campanula</i> <i>adansa 'purple'</i>	potimuld	16.04.2018	Holland	Säilivuskuupäev 30.03.18 Firmalt Addenda
10	<i>Salvia officinalis</i>	potimuld	16.04.2018	Itaalia	Firmalt Amorie Aromi
11	<i>Melissa</i> <i>officinalis</i>	potimuld	16.04.2018	Itaalia	Firmalt Amorie Aromi
12	<i>Salvia officinalis</i>	potimuld	16.04.2018	Itaalia	Firmalt Amorie Aromi
13	<i>Salvia officinalis</i>	potimuld	16.04.2018	Itaalia	Firmalt Amorie Aromi
14	<i>Origanum</i> <i>vulgare</i>	potimuld	16.04.2018	Itaalia	Firmalt Amorie Aromi; Muld oli kuiv
15	Muld Saksamaa	kasvusubstr aat	16.04.2018	Saksamaa	Firmalt Compo Sana
16	Muld Poola	kasvusubstr aat	16.04.2018	Poola	Firmalt Substral



Joonis 3. Proovide 15 ja 16 pakendid enne avamist (autori foto)

Puukoolidest ostetud proovid jaotati samuti kahte tüüpi: mullapalliga turustatavate (enamasti puude) muld ja lillepottides turustatavate (enamasti puhmaste või rohttaimede) muld (tabel 2).

Tabel 2. Andmed puukoolidest saadud proovide kohta

Jrk nr	Liik	tüüp	päritolu	Riik	kogumiskuupäev	Koordinaadid
17	<i>Acer platanoides</i>	mullapall	Juhani puukool	Eesti	15.05.2018	58,3686°N 26,7964°E
18	<i>Lupinus sp</i>	mullapall	Eerika	Eesti	07.05.2018	58,3534°N 26,6687°E
19	<i>Tilia platyphyllos</i>	mullapall	Juhani puukool	Eesti	15.05.2018	58,3686°N 26,7964°E
20	<i>Sinocalycant</i>	potimuld	Szmit	Poola	29.08.2018	52,8659°N

	<i>hus sinensis</i>					20,5714°E
21	<i>Cornus alba</i>	potimuld	Bulduri LV	Läti	30.04.2018	56,9629°N 23,8697°E
22	<i>Gleditsia triacanthos</i>	potimuld	Szmit	Poola	29.08.2018	52,8659°N 20,5714°E
23	<i>Trochodendron aralioides</i>	potimuld	Szmit	Poola	29.08.2018	52,8659°N 20,5714°E
24	<i>Cladrastis lutea</i>	potimuld	Szmit	Poola	29.08.2018	52,8659°N 20,5714°E
25	<i>Eleutherococcus sieboldiana</i>	potimuld	Szmit	Poola	29.08.2018	52,8659°N 20,5714°E
26	<i>Salix purpurea</i>	potimuld	Kalsnava	Läti	21.05.2018	56,6116°N 25,7866°E
27	<i>Potentilla fruticosa</i>	potimuld	Bulduri LV	Läti	30.04.2018	56,9629°N 23,8697°E
28	<i>Empetrum nigrum</i>	potimuld	Baltezers	Läti	21.05.2018	57,0583°N 24,3093°E
29	<i>Ginkgo biloba</i>	potimuld	Järvselja puukool	Eesti	27.04.2018	58,2698°N 27,3125°E
30	<i>Acer saccharinum</i>	potimuld	Juhani puukool	Eesti	15.05.2018	58,3686°N 26,7964°E
31	<i>Juglans regia</i>	potimuld	Juhani puukool	Eesti	15.05.2018	58,3686°N 26,7964°E
32	<i>Morus alba</i>	potimuld	Juhani puukool	Eesti	15.05.2018	58,3686°N 26,7964°E

33	<i>Kalmia polifolia 'Rubra'</i>	potimuld	Juhani puukool	Eesti	15.05.2018	58,3686°N 26,7964°E
34	<i>Sorbus Intermedia</i>	potimuld	Juhani puukool	Eesti	15.05.2018	58,3686°N 26,7964°E
35	<i>Sorbaria sorbifolia</i>	potimuld	Juhani puukool	Eesti	15.05.2018	58,3686°N 26,7964°E
36	<i>Sorbus aucuparia</i>	mullapall	Juhani puukool	Eesti	15.05.2018	58,3686°N 26,7964°E
37	<i>Viburnum lantana</i>	potimuld	Juhani puukool	Eesti	15.05.2018	58,3686°N 26,7964°E
38	<i>Alnus glutinosa</i>	mullapall	Järvelja	Eesti	27.04.2018	58,2698°N 27,3125°E
39	<i>Aesculus hippocastanum</i>	mullapall	Järvelja	Eesti	27.04.2018	58,2698°N 27,3125°E
40	<i>Ulmus glabra</i>	mullapall	Järvelja	Eesti	27.04.2018	58,2698°N 27,3125°E
41	<i>Fragula alnus</i>	mullapall	Väägvere	Eesti	09.05.2018	58,5029°N 26,8339°E
42	<i>Tamarix</i>	potimuld	Baltezers	Läti	21.05.2018	57,0583°N 24,3093°E
43	<i>Cercidiphyllum japonicum</i>	potimuld	Järvelja	Eesti	27.04.2018	58,2698°N 27,3125°E

Tartu Ülikooli botaanikaaiast ja kontrollalalt koguti proove võimalikult erinevatest mikroelupaikadest, avastamaks erinevate eluviisidega liike (tabel 3). Võrreldes

botaanikaaiaga oli kontrollala maastik väga homogeenne ja proovid võeti kõik pärnade ja paplite alusest varise ja samblakihiga mulla ülakihist.

Tabel 3. Tartu Ülikooli Botaanikaia proovid.

Proo vi Jrk nr	Ümbruskonna kirjeldus	Kogumise kuupäev
1	Tatari kuslapuu (<i>Lonicera tatarica</i>) lähistelt, künka nõlv, naadine põõsaalune	10.07.2019
2	Sahhalini korgipuu (<i>Phellodendron sachalinense</i>) lähistelt, künka pealne ala, varjuline, alustaimestikku vähe.	10.07.2019
3	Hariliku jugapuu (<i>Taxus baccata</i>) lähistelt varjuline koht, alustaimestik puudub	10.07.2019
4	Kõdupuidu pealt, lage, Põhja-Ameerika taimede osakond	10.07.2019
5	Allika-nuttsammal (<i>Ptychostomum pseudotriquetrum</i>) lähistelt, kõrgem koht, künka pealne ala	10.07.2019
6	Kuused (<i>Picea</i> sp) lähistel metsakõdu, taimestik puudub	10.07.2019

2.2.2. Mullalülijalgsete ekstraheerimine

Loomade mullast eraldamiseks kasutati Eesti Maaülikooli Taastuvate Loodusvarade Teaduskeskuse (Fr.R.Kreutzwaldi 5) laboris olevat Tullgreni aparati ehk termoelektorit. See kujutab endast lehtrit kuhu proov asetatakse hõreda metallsõela peale. Lehtri kohale on

asetatud soojust kiirgav hõõgpirn võimsusega 40W. Tingimused muutuvad loomade jaoks ebasoodsaks (tekib temperatuuri ja valguse gradient) ja sellest tulenevalt liiguvad nad varju otsides allapoole, kuni kukuvad lehtrist välja 70% etanooliga proovitopsi (Krantz & Walter, 2009). Mullaproove hoiti termoelektoris üks nädal, millele järgnes proovide sorteerimine elustikurühmade järgi ja isendite loendamine. Noorloomade loendamiseks asetati tükk tumedat paberit Petri tassi alla, et tagada parem nähtavus.

2.2.3. Lestade prepareerimine

Lestade määramiseks tuli neist ajutised või püsipreparaadid teha. Kõigepealt viidi piirituses olevad lestad eelnevalt soojendatud destilleeritud vette ligikaudu 5-10 minutiks. Järgnevalt pandi lestad piimhappesse (60-95% vesilahus) ja soojendati pliidil ~60° C temperatuuri juures 10 minutit (erand Mesostigmata täiskasvanud isendid, kes pandi ööpäevaks piimhappesse). Piimhappes lahustuvad pehmed koed ja loom muutub hästi (läbi)nähtavaks. Pärast piimhapest välja võtmist hoiti loomi viis minutit soojas destilleeritud vees, kuhu oli lisatud tilk piiritust. Järgnes loomadest preparaate tegemine, milleks kasutati Hoyeri lahust või Euparaali. Mesostigmata emasloomade preparaate valmistamise käigus eemaldati nende *subcapitulum* ja helitseelid muust kehast, kuna neil asuvad olulised määramistunnused. Loomade sorteerimiseks kasutati binokulaarmikroskoopi Leica S8APO (suurendus 60x) ja preparaate vaadeldi mikroskoobiga Leica DM 6000 P (suurendus 800x). Proove sorteeris, loendas ja prepareeris töö autor.

2.2.4. Vihmausside kogumise metoodika

Vihmausside mullast välja ekstraheerimiseks kasutati 15% sinepipulbrilahust (Gunn, 1992), Tartu Ülikooli Botaanikaias ja Emajõe äärsel kontrollalas valiti kummaski välja kolm prooviruutu, suurusega 50x50 cm. Prooviruut puhastati taimedest ja varisest ja sinna valati kaks liitrit sinepipulbrilahust. Sinepipulbri ärritava toime tõttu hakkasid vihmaussid peale kastmist maapinnale tulema, kust nad koguti pintsettidega. Aktiivsuse vaibudes korraldati kastmist. Peale kogumist pesti loomad sinepipulbrilahusest puhtaks, asetati külmikuse 48 tunniks (+5°C), määrati ja loendati.

2.2.5. Liikide määramine

Liigini määras erinevaid lüljalgseid ja maismaatiguseid Kaarel Sammet ja vihmauslasi Mari Ivask. Antud töö autor määras röövlestalisi (Mesostigmata) sugukonnani. Sissetoodud

muldade ja istikute proovidest määrati liigini täiskasvanud sarvlestalised ja röövlestalised (emased), hulkjalgsed, täiskasvanud ämblikud, mardikalised (v.a. lühitiiblased), vihmauslased ja teod, muud leitud loomad kõrgema taksonini. Botaanikaaja ja kontrollala proovidest määrati liigini ainult täiskasvanud sarvlestalised, hulkjalgsed, kakandilised ja vihmauslased.

2.2.6. Määratud taksonite staatuse hindamine

Määratud taksonid klassifitseeriti omamaiste, võõrliikide või ebaselge staatusega liikidena vastavalt senistele leidudele mujalt Eestist (Maavara, 1950; Timm, 1999; Kiristaja et al, 2014; Sammet et al, 2018; Sammet avaldamata andmed) ja lähimatelt naaberaladelt (Läti, Soome, Loode-Venemaa). Andmed leviku kohta pärinevad erinevatest faunistilistest ülevaadetest naabermaade koha (Niemi et al, 1997; Karg, 1993; Kagainis, 2011; Bonato et al, 2005; Huhta, 2016; Salmane & Brumelis, 2010; Kime & Enghoff, 2011; Silfverberg, 2010, 2014).

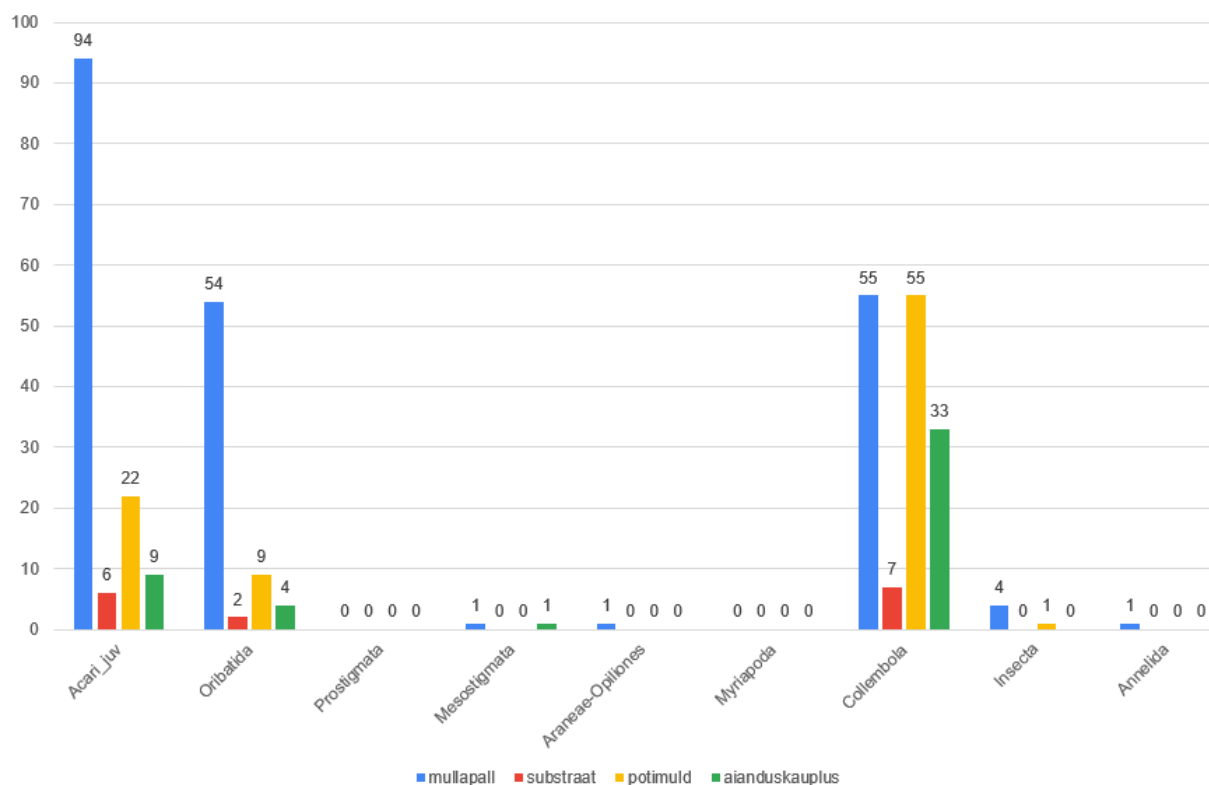
3. Tulemused

Proovidest leiti kokku 5965 looma, nende seas olid arvukaimad hooghännalised (2143 isendit, 36%) ja lestade nümfid ning vastsed (1867 isendit, 31%). Kokku määrati proovidest 149 liiki või kõrgemat taksonit (neist 78 sarvlestaliste taksonit, 13 röövlestaliste, seitse imilestaliste, neli ämblikuliste, kaks koibikuliste, 11 hulkjalgsete, viis maismaakakandiliste, ühe hooghännaliste, ühe tõukjalaliste, 12 putukate, 11 rõngusside ja 4 maismaatigude taksonit). Liigini määratud loomad olid põhiliselt lestad (906 isendit, nendest 858 sarvlestad). Proovidest leiti kokku kuus võõrliiki ja kaheksa potentsiaalset võõrliiki, sealhulgas kuue liigi esmaleiud Eestis.

3.1. Imporditud muldade ja istikute proovid

Proovides domineerisid kõigil juhtudel lestade noorjärgud ja hooghännalised, suhteliselt arvukamad ja liigirikkaimad olid lestadest sarvlestad (joonis 4, vt. ka Lisa 1). Muldade ja istikute proovidest leiti enamikku liike ühe või kahe isendina. Kõige sagedamini esines sarvlestade liike *Tectocephus velatus* (15 proovist, kokku 86 isendit, kohtamus 35%), *Tectocephus sarekensis* (11 proovist, 69 isendit, kohtamus 25%), *Oppiella nova* (10 proovist 30 isendit, kohtamus 23%), *Scheloribates laevigatus* (7 proovist 41 isendit, kohtamus 16%) ja *Achipteria coleoptrata* (6 proovist 174 isendit, kohtamus 14%).

Uuritud nelja tüüpi muldadest olid kõigi taksonite osas kõige liigi- ja isendirikkamad puukoolide mullapallidest võetud proovid, neile järgnesid puukoolide potimullad ja kõige vähem loomi leidis pakendatud kasvusubstraatides (joonis 4).



Joonis 4. Istikumuldadest ja kasvusubstraatidest ekstraheeritud erinevate taksonite keskmised isendite arvud (0.25 l proovi kohta, ümardatuna lähima täisarvuni).

Eri rühmade kaupa jagunesid liigini määratud taksonid järgmiselt:

Ämblikulaadsed

Ämblikulistest ja koibikulistest esines proovides ainult üks täiskasvanud ämblikuisend. Määratud taksonid oli seega üks (tabel 4), liik on Eestis tavaline (Vilbaste, 1987).

Tabel 4. Aianduskaupluse proovidest määratud ämblikulised

Ämblikulised (Araneae)	võõrliik
<i>Robertus arundineti</i> O. Pickard-Cambridge, 1871	ei
taksoneid kokku:1	0

Sarvlestalistest leiti kokku 52 liiki (tabel 5). *Multioppia laniseta* on harva esinev liik. Soomes esmamainitud 1997. aastal (Niemi et al, 1997). Lätis seni leitud ei ole (Kagainis, 2011). *Opiella obsoleta* on haruldane liik, Lätist pole seni leitud, Soomest on. *Zetomimus*

furcatus on esmaleid Eestis, kuid Lätist ja Soomest varem leitud. *Tectocephus velatus alatus* on esmaleid Eestis, seejuures Lätist ja Soomest ei ole avaldatud leide (Niemi et al, 1997; Kagainis, 2011). Põhja-Euroopas väga haruldane (Weigmann, 2006). *Tectocephus knullei* on esmaleid Eestis, Soomest ja Lätist seni leitud ei ole (Niemi et al, 1997; Kagainis, 2011) ning on ka mujal Euroopas haruldane liik (Weigmann, 2006).

Tabel 5. Aianduskaupluse proovidest määratud sarvlestalised

takson	võõrliik
<i>Achipteria coleoptrata</i> (Linnaeus, 1758)	ei
<i>Achipteria nitens</i> (Nicolet, 1855)	ei
<i>Acrogalumna longipluma</i> (Berlese, 1904)	ei
<i>Acrotritia ardua</i> (Koch, 1841)	ei
<i>Adoristes ovatus</i> (C.L. Koch, 1839)	ei
<i>Carabodes ornatus</i> Storkán, 1925	ei
<i>Cepheus cepheiformis</i> (Nicolet, 1855)	ei
<i>Ceratoppia bipilis</i> (Hermann, 1804)	ei
<i>Ceratozetes gracilis</i> (Michael, 1884)	ei
<i>Chamobates borealis</i> (Trägårdh, 1902)	ei
<i>Chamobates interpositus</i> Pschorn-Walter, 1953	võimalik

<i>Chamobates pusillus</i> (Berlese, 1895)	ei
<i>Diapterobates humeralis</i> (Hermann, 1804)	ei
<i>Dissorhina ornata</i> (Oudemans, 1900)	ei
<i>Eniochthonius minutissimus</i> (Berlese, 1904)	ei
<i>Eupelops occultus</i> (C.L. Koch, 1835)	ei
<i>Eupelops tardus</i> (C.L. Koch, 1835)	ei
<i>Eupelops torulosus</i> (C.L.Koch, 1839)	ei
<i>Euphthiracarus monodactylus</i> (Willmann, 1919)	ei
<i>Euzetes globulus</i> (Nicolet, 1855)	ei
<i>Haplozetes vindobonensis</i> (Willmann, 1935)	ei
<i>Hemileius initialis</i> (Berlese, 1908)	ei
<i>Hypochthonius luteus</i> Oudemans, 1917	ei
<i>Liacarus subterraneus</i> (C.L. Koch, 1844)	ei
<i>Liebstadia similis</i> (Michael, 1888)	ei

<i>Melanozetes mollicomus</i> (Koch, 1839)	ei
<i>Minunthozetes pseudofusiger</i> (Schweizer, 1922)	ei
<i>Minunthozetes semirufus</i> (C. L. Koch, 1841)	ei
<i>Multioppia laniseta</i> Moritz, 1966	ei
<i>Oppiella keilbachi</i> (Moritz, 1969)	ei
<i>Oppiella nova</i> (Oudemans, 1902)	ei
<i>Oppiella obsoleta</i> (Paoli, 1908)	võimalik
<i>Oppiella subpectinata</i> (Oudemans, 1900)	ei
<i>Oribatula exilis</i> (Nicolet, 1855)	ei
<i>Oribatula tibialis</i> (Nicolet, 1855)	ei
<i>Parachipteria punctata</i> (Nicolet, 1855)	ei
<i>Phauloppia nemoralis</i> (Berlese 1916)	ei
<i>Phauloppia rauschenensis</i> (Sellnick, 1908)	ei
<i>Punctoribates hexagonus</i> Berlese, 1908	ei
<i>Punctoribates punctum</i> (Koch, 1839)	ei

<i>Quadroppia quadricarinata</i> (Michael, 1885)	ei
<i>Ramusella clavipectinata</i> (Michael, 1885)	ei
<i>Scheloribates laevigatus</i> (C.L.Koch, 1835)	ei
<i>Scheloribates latipes</i> (C. L. Koch, 1844)	ei
<i>Scheloribates pallidulus</i> (C.L. Koch, 1841).	ei
<i>Steganacarus (Atropacarus)</i> <i>striculus</i> (C. L. Koch, 1836)	ei
<i>Zetomimus furcatus</i> (Warburton & Pearce, 1905)	ei
<i>Tectocephus sarekensis</i> Trägårdh, 1910	ei
<i>Tectocephus alatus</i> (Berlese, 1913)	võimalik
<i>Tectocephus velatus</i> (Michael, 1880)	ei
<i>Tectocephus knullei</i> (Vanek, 1960)	võimalik
<i>Trichoribates novus</i> (Sellnick, 1928).	ei
<i>Trichoribates trimaculatus</i> (C. L. Koch, 1836)	ei

kokku taksoneid: 52	3 võimalikku võõrliiki
---------------------	------------------------

Röövlestialistest määrati kokku üheksa liiki (tabel 6), neist kaks on ilmselt võõrliigid ja üks ebaselge staatusega. Liiki *Neogamasus insignis* on seni kohatud ainult toataimede potimuldades (Hrúzová & Fenda, 2017). Soomes 2 leidu, Lätis pole leitud (Salmane & Brumelis, 2010; Huhta 2016).

Tabel 6. Aianduskaupluse proovidest määratud röövlestialised

takson	võõrliik
<i>Arctoseius semiscissus</i> (Berlese, 1892)	ei
<i>Eviphis ostrinus</i> (C.L.Koch, 1836)	ei
<i>Gaeolaelaps similisetæ</i> (Karg 1965)	ei
<i>Lasioseius floridensis</i> Berlese, 1916	Võimalik (Lätist pole leitud, Soomes 1 leid)
<i>Leioseius bicolor</i> (Berlese, 1918)	ei
<i>Lysigamasus misellus</i> (Berlese, 1904)	ei
<i>Macrocheles muscaedomesticae</i> (Scopoli, 1772)	ei
<i>Neogamasus insignis</i> (Holzman, 1969)	jah
<i>Neogamasus speculiger</i> Athias-Henriot, 1979	jah
taksoneid kokku: 9	2 (+ 1 võimalikku võõrliiki)

Putukad (Insecta)

Lisaks liigini määratud putukatele (tabel 7) leiti proovidest nokaliste (Hemiptera), nahktiivaliste (Dermaptera) ja mardikaliste (Coleoptera) vastseid, samuti üks emane sääsk sugukonnast Sciaridae. Liigini määrati kaks mardikataksonit. Neist *Anommatus duodecimstriatus* (joonis 5) on Baltikumis esmaleid (Silfverberg 2010, 2014).



Joonis 5. *Anommatus duodecimstriatus* (Foto K. Sammet)

Seenemardiklane *Anisotoma glabra* on Põhjamaades ja Baltikumis tavaline (Silfverberg, 2010). Määratud kolm sipelgataksonit on kõik Eestis tavalised (Maavara, 1953). Lisaks leiti nahktiivaliste (Dermaptera) nümf (Itaaliast imporditud mullast), keda polnud võimalik liigini määrata, kuid nahktiivaliste spetsialisti Fabian Haasi (fotode põhjal antud) määrangu järgi ei kuulunud ta kummagi Eestis seni teadaoleva liigi hulka.

Tabel 7. Aianduskaupluse proovidest määratud putukad

takson	võõrliik
Mardikalised (Coleoptera)	
<i>Anisotoma glabra</i> (Kugelann, 1794)	ei
<i>Anommatus duodecimstriatus</i> (Müller, 1821)	jah

Kiletiivalised (Hymenoptera) Sugukond sipelglased (Formicidae)	
<i>Lasius niger</i> (Linnaeus, 1758)	ei
<i>Myrmica rubra</i> (Linnaeus, 1758)	ei
<i>Myrmica ruginodis</i> (Nylander, 1846)	ei
taksoneid kokku: 5	1

Rõngussid (Annelida)

Lisaks valgeliimuklastele (Enchytraeidae), kelle määramiseks on vaja elusisendeid, leiti üks vihmauslaste liik, mis on Eestis tavaline epigeiline liik (tabel 8) (Timm, 1999).

Tabel 8. Aianduskaupluse proovidest määratud rõngussid

takson	võõrliik
<i>Lumbricus rubellus</i> Hoffmeister, 1843	ei
kokku taksoneid: 1	0

Hulkjalgsed (Myriapoda)

Proovides esines kahte liiki tuhatjalgseid (tabel 9). *Craspedosoma rawlinsii* leiti hiljuti Eestist. Tema areaal on Euroopas laienemas põhja- ja ida suunas, kuid pole selge, kas levitajaks on inimene või on tegemist loodusliku areaali laienemisega. *Cylindroiulus caeruleocinctus* on sage inimasulastes, ning on viimase sajandi jooksul tavalisemaks muutunud (Sammet et al, 2018). On tähelepanuväärne, et just neid liike leiti potimuldades.

Tabel 9. Aianduskaupluse proovidest määratud hulkjalgsed

Takson	võõrliik
<i>Craspedosoma rawlinsii</i> Leach, 1814	Võimalik (Eesti hiljuti asustanud).
<i>Cylindroiulus caeruleocinctus</i> (Wood, 1864)	ei
kokku taksonid: 2	1 võimalik võõrliik

Teod (Gastropoda)

Maismaatigusid esines proovides vähe, liike määrati kaks (Tabel 10). Sarvjas jooniktigu *Nesovitrea hammonis* on Eestis üks kõige sagedasemaid maismaatigusid. Rohekas jooniktigu *Nesovitrea petronella* on samuti Eestis tavaline (Kivistaja et al, 2014).

Tabel 10. Aianduskaupluse proovidest määratud teod

takson	võõrliik
<i>Nesovitrea hammonis</i> (Ström, 1765)	ei
<i>Nesovitrea petronella</i> (L.Pfeiffer, 1853)	ei
kokku taksonid: 2	0

3.2. Botaanikaia ja kontrollala proovid

Kokku määrati liigini 91 taksonit, neist Botaanikaaiast 74 ja kontrollalalt 39. Rühmade kaupa jagunesid nad:

Sarvlestad (Oribatida)

Kokku leiti 64 sarvlestataksoneid (47 botaanikaaiast ja 27 kontrollalast; tabel 11). Mõlemale alale ühiseid liike oli 13 (kõikidest leitud taksonitest 19%). Botaanikaia proovist leiti ka osaliselt lagunenud liigi *Limnozetes rugosus* (Sellnick, 1923) isend, võib eeldada, et antud

liik sattus botaanikaaeda substraadiks kasutatava turvasega kuna tegemist on liigiga, kes elab ainult magevees (Bartsch et al., 2007). Kahe liigi puhul oli raske kindlalt otsustada nende staatuse üle võõr- või pärismaise liigina.

Tabel 11. Botaanikaaiast ja kontrollalalt leitud sarvlestaliste liigid

takson	botaanikaaed	kontroll	võõrliik
<i>Achipteria coleoptrata</i> (Linnaeus, 1758)	+	+	ei
<i>Achipteria nitens</i> (Nicolet, 1855)	+	-	ei
<i>Acrogalumna longipluma</i> (Berlese, 1904)	+	-	ei
<i>Acrotritia ardua</i> (Koch, 1841)	+	-	ei
<i>Adoristes ovatus</i> (C.L. Koch, 1839)	+	-	ei
<i>Carabodes ornatus</i> Storkán, 1925	+	-	ei
<i>Carabodes rugosior</i> Berlese, 1916	+	-	ei
<i>Ceratoppia bipilis</i> (Hermann, 1804)	+	-	ei
<i>Ceratozetes gracilis</i> (Michael, 1884)	+	-	ei
<i>Chamobates borealis</i> (Trägårdh, 1902)	+	+	ei
<i>Chamobates cuspidatus</i> (Michael, 1884)	-	+	ei
<i>Chamobates interpositus</i> Pschorn-Walter, 1953	+	+	võimalik

<i>Chamobates pusillus</i> (Berlese, 1895)	+	-	ei
<i>Chamobates voigtsi</i> (Oudemans, 1902)	-	+	ei
<i>Cymbaeremaeus cymba</i> (Nicolet, 1855)	+	-	ei
<i>Damaeus clavipes</i> (Hermann, 1804)	-	+	ei
<i>Diapterobates humeralis</i> (Hermann, 1804)	+	-	ei
<i>Eniochthonius minutissimus</i> (Berlese, 1904)	+	-	ei
<i>Eueremaeus oblongus</i> (Koch, 1835)	-	+	ei
<i>Euphthiracarus monodactylus</i> (Willmann, 1919)	+	+	ei
<i>Eupelops acromios</i> (Hermann, 1804)	-	+	ei
<i>Eupelops occultus</i> (C.L. Koch, 1835)	+	-	ei
<i>Eupelops torulosus</i> (C.L.Koch, 1839)	+	-	ei
<i>Euzetes globulus</i> (Nicolet, 1855)	+	+	ei
<i>Furcoribula furcillata</i> (Nordenskiöld, 1901)	+	+	ei
<i>Hemileius initialis</i> (Berlese, 1908)	+	-	ei

<i>Euzetes globulus</i> (Nicolet, 1855)	+	+	ei
<i>Haplozetes vindobonensis</i> (Willmann, 1935)	+	-	ei
<i>Heminothrus targionii</i> (Berlese, 1885)	+	-	ei
<i>Hypochthonius luteus</i> Oudemans, 1917	+	-	ei
<i>Hypochthonius rufulus</i> C.L. Koch, 1835	+	+	ei
<i>Liebstadia humerata</i> Sellnick, 1928	-	+	ei
<i>Liacarus subterraneus</i> (C. L. Koch, 1844)	+	-	ei
<i>Liebstadia similis</i> (Michael, 1888)	-	+	ei
<i>Limnozetes rugosus</i> (Sellnick, 1923)	(+)	-	ei
<i>Melanozetes mollicomus</i> (Koch, 1839)	+	-	ei
<i>Mesotritia nuda</i> (Berlese, 1887)	+	-	ei
<i>Metabelba papillipes</i> (Nicolet, 1855)	+	-	ei
<i>Minunthozetes pseudofusiger</i> (Schweizer, 1922)	+	+	ei
<i>Minunthozetes semirufus</i> (C. L. Koch, 1841)	+	-	ei

<i>Multioppia glabra</i> (Mihelčič, 1955)	+	-	ei
<i>Nanhermannia coronata</i> Berlese, 1913	-	+	ei
<i>Neoribates borealis</i> Vladimirova, 2009	+	-	võimalik
<i>Nothrus anauniensis</i> Canestrini & Fanzago, 1876	-	+	ei
<i>Nothrus silvestris</i> Nicolet, 1855	+	-	ei
<i>Oppiella subpectinata</i> (Oudemans, 1900)	+	+	ei
<i>Oppiella nova</i> (Oudemans, 1902)	+	-	ei
<i>Oribatula tibialis</i> Nicolet, 1855	+	+	ei
<i>Parachipteria punctata</i> Nicolet, 1855	+	-	ei
<i>Pergalumna nervosa</i> (Berlese, 1914)	-	+	ei
<i>Phauloppia nemoralis</i> (Berlese 1916)	+	-	ei
<i>Phauloppia rauschenensis</i> (Sellnick, 1908)	+	-	ei
<i>Phthiracarus laevigatus</i> (Koch, 1841)	+	-	ei
<i>Platynothrus peltifer</i> (Koch, 1840)	+	-	ei

<i>Punctoribates punctum</i> (Koch, 1839)	-	+	ei
<i>Quadroppia quadricarinata</i> (Michael, 1885)	+	-	ei
<i>Scheloribates laevigatus</i> (C.L.Koch, 1835)	-	+	ei
<i>Steganacarus (Atropacarus) striculus</i> (C. L. Koch, 1836)	+	+	ei
<i>Spatiodamaeus boreus</i> (Bulanova-Zachvatkina, 1957)	-	+	ei
<i>Suctobelbella subcornigera</i> (Forsslund, 1941)	+	-	ei
<i>Ramusella clavipectinata</i> (Michael, 1885)	-	+	ei
<i>Tectocephus sarekensis</i> Trägårdh, 1910	+	-	ei
<i>Tectocephus velatus</i> (Michael, 1880)	+	+	ei
<i>Trichoribates trimaculatus</i> (C. L. Koch, 1836)	+	-	ei
taksoneid kokku	48 (49)	27	2 võimalikku võõrliiki

Hulkjalgsed (Chilopoda, Diplopoda)

Leitud kaheteistkümne liigi seas kolm hulkjalgsete liiki keda võib võõrliigiks pidada (tabel 12). Liigi *Ophiodesmus albonanus* looduslik areaal on Briti saared ja Kesk-Euroopa (Kime & Enghoff, 2011). *Stenotaenia linearis* on peamiselt Kesk-Euroopa liik (Wesener et al, 2015), kuid teda on leitud botaanikaaedadeist Helsingis ja Riias (Palmén 1948; Bonato et al, 2005). Tartu Botaanikaaiast on see liik juba varem teada (Sammet et al, 2018). Kontrollalalt leitud *Lamyctes emarginatus* on algselt Australaasia päritolu, kuid nüüd laialt levinud Euroopas, Ameerikas ja Aafrikas (Stoev et al, 2010). Eestist oli varem teada neli leiukohta rannikualadelt (Sammet et al, 2018). *Choneiulus palmatus* oli leidmise hetkel esmaleid Eestis kuid hilisemalt on teda korduvalt leitud üle Eesti (Sammet, isiklik suhtlus).

Tabel 12. Botaanikaaiast ja kontrollalalt leitud hulkjalgsete liigid

takson	botaanikaaed	kontrollala	võõrliik
<i>Geophilus flavus</i> (De Geer, 1778)	+	-	ei
<i>Lamyctes emarginatus</i> (Newport, 1844)	-	+	jah
<i>Lithobius forficatus</i> Linnaeus 1758	+	+	ei
<i>Lithobius melanops</i> Newport, 1845	+	-	ei
<i>Lithobius microps</i> Meinert, 1868	-	+	ei
<i>Stenotaenia linearis</i> (C.L.Koch, 1835)	+	-	jah
<i>Symphylella vulgaris</i> (Hansen, 1903)	+	-	ei
<i>Allajulus nitidus</i> (Verhoeff, 1891)	+	-	ei
<i>Blaniulus guttulatus</i> (Fabricius, 1798)	+	-	ei

<i>Choneiulus palmatus</i> (Němec, 1895)	+	-	ei
<i>Cylindroiulus caeruleocinctus</i> (Wood, 1864)	+	+	ei
<i>Ophiodesmus albonanus</i> (Latzel, 1895)	+	-	jah
<i>Polyxenus lagurus</i> (Linnaeus, 1758)	+	-	ei
taksoneid kokku	11	4	3

Kakandilised (Isopoda)

Kokku määrati viis liiki, kes on Eestis tavalised (tabel 13). *Hyloniscus riparius* leiti Eestist hiljuti (Sammet, avaldamata andmed) ja on laiendanud oma areaali Euroopas arvatavasti inimese kaasabil (Gongalsky et al., 2013).

Tabel 13. Botaanikaaiast ja kontrollalalt leitud maismaakakandiliste liigid

takson	botaanikaaed	kontrollala	võõrliik
<i>Cylisticus convexus</i> De Geer, 1778	+	-	ei
<i>Hyloniscus riparius</i> (C. Koch, 1838)	+	+	võimalik (hiljuti suurendas areaali)
<i>Porcellio spinicornis</i> Say, 1818	+	-	ei
<i>Trachelipus rathkii</i> (Brandt, 1833)	-	+	ei
<i>Trichoniscus pusillus</i> Brandt, 1833	+	-	ei
kokku taksoneid	4	2	1 võimalik

Vihmauslased (Lumbricidae)

Leiti 10 taksonit, kelle hulgas ei olnud võõrliike (tabel 14). Leitud taksonid moodustavad märkimisväärse osa Eesti 13 vihmauslaste liigist. Liigi *Octolasion cyaneum* esmaleid oli 1993. aastal Tallinna Botaanikaaiast, praeguseks levinud Põhja-Eestis ja Rapla ümbruses. Antud leid on esimene väljaspool seda regiooni (Kuu & Ivask, 2010; M. Ivask, isiklik suhtlus).

Tabel 14. Botaanikaaiast ja kontrollalalt leitud vihmauslaste liigid

takson	botaanikaaed	kontrollala	võõrliik
<i>Allolobophora chlorotica</i> (Savigny, 1826)	+	+	ei
<i>Aporrectodea longa</i> (Ude, 1895)	+	+	ei
<i>Aporrectodea rosea</i> (Savigny 1826)	+	+	ei
<i>Aporrectodea caliginosa</i> (Savigny, 1826)	+	+	ei
<i>Octolasion cyaneum</i> (Savigny, 1826)	+	-	ei
<i>Lumbricus terrestris</i> Linnaeus, 1758	+	+	ei
<i>Lumbricus rubellus</i> Hoffmeister, 1845	+	+	ei
<i>Lumbricus castaneus</i> (Savigny, 1826)	+	-	ei
<i>Dendrodrilus rubidus</i> (Savigny, 1826)	+	-	ei
<i>Dendrobaena octaedra</i> (Savigny, 1826)	+	-	ei
kokku taksoneid	10	6	0

4. Arutelu

Töö käigus selgitati välja, mis loomarühmi ja liike leidub Eestis müüdavates (nii välismaise kui kohaliku päritoluga) kasvusubstraatides, mullapallides ja lillepotimudades. Kõikides proovides leidsid elusaid mullaselgrootuid. Proovides domineerisid lestad (nümfid ja vastsed).

Arvuliselt esines neid kõige rohkem mullapallides (muudes proovides peaaegu suurusjärgu võrra vähem). Arvukuselt teisel kohal olid hooghännalised. Nende jaotumine eri tüüpi proovides oli palju ühtlasem (väga vähe leidsid neid ainult pakendatud kasvusubstraatides). Imilestalisi, röövlestalisi, ämblikke, koibikuid, hulkjalgseid ja rõngusse leidsid üksikute isenditena (keskmiselt alla 1 isendi proovi kohta). Putukaid esines märkimisväärselt ainult mullapallides. Mullapallide liigi ja isendi rohkust võib seletada nende värskusega (nad olid koos istutatava taimega hiljuti üles kaevatud, ning polnud läbinud pikaajalist laos seismist ja transporti). Proovides arvukaimad loomarühmad domineerivad ka looduslikes muldades. Kasvusubstraatide liigi ja isendivaesus tuleneb ilmselt ebasoodsast elupaigast (suhteliselt kuiv, õhukindlalt suletud, peamiselt turbast koosnev segu), pikaajalisest hoiustamisest laos ja võimalik, et ka töötlemisest. Samas uuriti ainult kahte kasvusubstraadi proovi, mistõttu on üldistuste tegemine raske. Puukoolidest võetud potimulde proovid olid ligikaudu kaks korda liigi- ja isendirikkamad aianduskauplusest saadud proovidest. Kuigi leitud liikide arv ei olnud suur ning paljusid isendeid ei määratud liigini oli leitud liikide seas ootamatuid leide liikide näol keda pole varem leitud Baltikumist (*Anommatus duodecimstriatus* Lätist pärit proovist) või isegi Balti- ja Põhjamaadest (*Neoamasus insignis*). Pole võimatu, et *Anommatus duodecimstriatus* on omakorda Läti puukooli sattunud taimeistikute või võõrmuldadega.

Tulemused on raskesti võrreldavad import potimuldade uuringuga Norras (Sæthre et al, 2010) kuna viimases keskenduti teistele loomarühmadele ja kasutati teistuguseid meetodeid. Võrreldes muldade ja kasvusubstraatide proovidega leiti botaanikaaiast ning kontrollalalt sarvlestade, hulkjalgsete, rõngusside ja kakandite osas selgelt suuremat liigirikkust (26% rohkem taksoneid). Võrreldes omavahel botaanikaaeda ja kontrollala, esines botaanikaaias kõigi uuritud rühmade osas suurem liigirikkus (kokku vastavalt oli määratud liikide hulk 74 ja 39). Samas on raske kindlaks teha kuivõrd on suurem liigirikkus botaanikaaias seotud istutavate taimedega ja sissetoodud muldadega ning kuivõrd suurema mikroelupaikade rikkusega. Leitud võõrliikidest oli suurim osakaal hulkjalgsetel (27%). Lestade puhul oli võimalike liikide osakaal 4%, kuid sellesse arvu tuleb suhtuda ettevaatlikkusega kuna

olemas olev faunistiline andmestik on puudulik ja lestade hulgas on sage morfoloogiliselt raskesti eristatavate (krüptiliste) liikide esinemine (Schäffer et al., 2019). Nii istikumuldade kui botaanikaaias proovides saadud lestade hulgas paistis silma laia ökoloogilise amplituudiga (generalistidest) liikide osakaal. Samuti esines arvukalt partenogeneetiliselt sigivaid liike näiteks perekond *Tectocephus* kelle liigid on väga kergesti levivad oma vähenõudlikkuse ja partenogeneetilise sigimisvõime tõttu (Laumann et al., 2007). Vihmauslastest olid botaanikaaiast esindatud kümme 13-st Eestis esinevast liigist. Puudu olid vaid kaks poolveeliste elupaikade liiki ja sõnnikuuss (*Dendrobaena veneta*), kes ei ela mineraalmullas.

Botaanikaaiast ja eriti kontrollalalt leiti väga vähe epigeilisi vihmausse (üksikud isendid), et selle põhjuseks võib olla pidev hooldus, kõdu vähesus ja mehhaaniline häirime (M. Ivask, isiklik suhtlus). Suurema proovide arvu korral oleks olnud tulemus suurema üldistusjõuga. Kõiki taksoneid ei määratud liigini spetsialistide aja ja ressursside puudus takistas kogumast ja määramast veelgi laiemat rohkemaid mullafaunarühmi. Uuringust jäid välja mullas väga arvukad mikrofauna esindajad (ümarussid (Nematoda), loimurid (Tardigrada) ja keriloomad (Rotifera)). Osade liikide puhul on keeruline kindlaks teha, kas nad on võõrliigid kuna varasemad faunistilised andmed on puudulikud nii Eestis kui naabermaades.

Töö tulemusena võib öelda, et kinnitust leidsid mõlemad hüpoteesid; istikute ja mullapallidega tuuakse Eestisse sisse arvukalt elusaid mullaselgrootuid ning mitmed liigid neist on suutnud siin eluvõimelisi populatsioone moodustama.

Kokkuvõte

Lõputöös uuriti, milliseid mullaelustiku taksoneid ning kui arvukalt saabub Eestisse koos avamaataimede istikute, kasvusubstraatide ja import muldadega ning milliseid liike on siin ellu jäänud. Mullaproove võeti aianduskauplusest ja puukoolidest, tugevasti mõjutatud alalt (botaanikaaiast) ja lähedalasuvalt poollooduslikult alalt (kontrollalalt). Saadud tulemust võrreldi olemas olema kirjandusega Eesti ja naabermaade kohta. Leiti, et Eestisse tuuakse elusat mullafaunat imporditavate kasvusubstraatide ja taimeistikutega ning imporditav mullafauna on võimeline Eesti looduses ellu jääma ning moodustama püsivaid populatsioone, seega mõlemad püstitatud hüpoteesid said kinnitust. Uuritud loomarühmadest leiti kõige arvukamalt lesti ja hooghännalisi. Leiti 6 võõrliiki, nendeks on röövlestad (*Neogamasus insignis* ja *Neogamasus speculiger*), hulkjalgsed (*Lamycetes emarginatus*, *Stenotaenia linearis* ja *Ophiodesmus albonanus*), mardikaline (*Anommatus duodecimstriatus*) ning liigini määramata nahktiivalise noorloom. Osasid liike ei õnnestunud kindlalt omamaisteks või võõrliikideks klassifitseerida, aga leiti veel 8 võimaliku võõrliiki, nendeks on sarvlestad (*Chamobates interpositus*, *Oppiella obsoleta*, *Tectocephus alatus*, *Tectocephus knullei* ja *Neoribates borealis*), röövlest (*Lasioseius floridensis*), hulkjalgne (*Craspedosoma rawlinsii*) ja kakandiline (*Hyloniscus riparius*). Tehti kuus esmaleidu Eestis - kolm sarvlestaliiki (*Zetomimus furcatus*, *Tectocephus alatus*, ja *Tectocephus knullei*), üks tuhatjalgne (*Ophiodesmus albonanus*), mardikaline (*Anommatus duodecimstriatus*), mis on Baltikumi esmaleid ja nahktiivaliste noorjark.

Tänuavaldused

Tahaksin südamest tänada oma lähedasi toetuse ja mõistva suhtumise eest. Minu suured tänusõnad lähevad ka juhendajale Kaarel Sammetile, kes määras töö käigus leitud eri loomastikurühmi ja oli alati väga abivalmis. Aitäh väga hea ja asjaliku juhendamise eest! Minu tänusõnad lähevad veel Mari Ivaskile, kes tutvustas mulle vihmausside kogumise meetodit ja määras antud töö käigus leitud vihmaussid. Autor tänab proovide kogumisel abiks olnud Margit Päkki Tartu Bauhofist, Tõnu Keskküla, kes aitas proovide sorteerimisega ja Olavi Kurinat, kes aitas leida juhendaja. Fabian Haas, kes aitas määrata nahktiivalist. Soojad tänusõnad Heli Kirikule mitmesuguse abi ja meeldiva seltskonna eest. Tahaksin veel tänada Tartu Ülikooli botaanikaia juhtkonda, kes võimaldas oma aladelt proove koguda.

Pühendan lõputöö oma isale, Are Varuskile, kes oli mulle suurim eeskuju.

Kasutatud kirjandus

- Adis, J., & Harvey, M. (2000). How many Arachnida and Myriapoda are there world-wide and in Amazonia. *Studies of Neotropical Fauna*. 35: 139-141.
- Akkel, R., Eichwald, K., Kalda, A., Kukk, E., Lellep, E., Masing, V., Mikelsaar, H., Mäg, Ü., & Trass, H. (1963). Tartu Riikliku Ülikooli Botaanikaaed. Tallinn: Eesti Riiklik Kirjastus. 88 lk.
- Astover, A., Leedu, E., & Reintaim, E. (2017). Mulla ABC I osa. Mulla mehaaniline koostis, Mullastikukaardid. Kirjastus Eesti Loodusfoto. Eesti Maaülikool. 7lk.
- Beaulieu, F., Dowling, A. P., Klompen, H., de Moraes, G. J., & Walter, D. E. (2011). Superorder Parasitiformes Reuter, 1909. Ajakirjas: Zhang, Z.-Q.(Ed.) Animal biodiversity: An outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness. *Zootaxa*, 3148(1), 123-128.
- Behan-Pelletier, V. M. (1999). Oribatid mite biodiversity in agroecosystems: role for bioindication. *Agriculture, ecosystems & environment*, 74(1-3), 411-423.
- Bellinger, P.F., Christiansen, K.A. & Janssens, F. (1996-2021). Checklist of the Collembola of the World. <http://www.collembola.org/doc/species.htm> (külastatud 31.03.2021).
- Bequaert, J. (1922). III. The predaceous enemies of ants. *Bulletin of the American Museum of Natural History* (45), 271-331.
- Bioloogilise mitmekesisuse konventsioon (2021). *Article 8. In-situ Conservation*. Kättesaadaval: <https://www.cbd.int/convention/articles/?a=cbd-08> (külastatud 29.04.2021).
- Blouin, M., Hodson, M. E., Delgado, E. A., Baker, G., Brussard, L., Butt, K. R., Dai, J., Dendooven, L., Peres, G., Tondoh, J. E., Cluzeau, D., & Brun, J-J. (2013). A review of earthworm impact on soil function and ecosystem services. *European Journal of Soil Science*, 64(2), 161-182.
- Blower, J.G. (1985). Millipedes: Keys and Notes for the Identification of the Species. Synopses of the British Fauna (New Series) vol 35, Brill/Backhuys, Leiden. 242 lk.
- Boag, B., & Yeates, G. W. (2001). The potential impact of the New Zealand flatworm, a predator of earthworms, in western Europe. *Ecological Applications*, 11(5), 1276-1286.
- Boer, P., & Vierbergen, B. (2008). Exotic ants in The Netherlands (Hymenoptera: Formicidae). *Entomologische Berichten*, 68(2), 121-129.

- Bonato, L., Minelli, A., & Spuņģis, V. (2005). Geophilomorph centipedes of Latvia (Chilopoda, Geophilomorpha). *Latvijas Entomologs*, 42: 5–15.
- Bouchard, P., Smith, A. B., Douglas, H., Gimmel, M. L., Brunke, A. J., & Kanda, K. (2017). Biodiversity of Coleoptera. *Insect Biodiversity: Science and Society*. John Wiley & Sons Ltd, 337-417.
- Brown, R. C., & Lemmon, B. E. (2011). Spores before sporophytes: hypothesizing the origin of sporogenesis at the algal–plant transition. *New Phytologist*, 190(4), 875-881.
- Brusca, R. C., & Brusca, G. J. (2016). Invertebrates (3 trükk). Sinauer Associates. 1128 lk.
- Capinera, J. L. (2008). Encyclopedia of Entomology. Springer Science & Business Media. 4411 lk.
- Castilho, R. C., Venancio, R., & Narita, J. P. Z. (2015). Mesostigmata as biological control agents, with emphasis on Rhodacaroida and Parasitoidea. Raamatus:Prospects for biological control of plant feeding mites and other harmful organisms. Springer, Cham. 1-31 lk.
- Christiansen, K. A., Bellinger, P., & Janssens, F. (2009). Collembola:(Springtails, Snow Fleas). Raamatus: Encyclopedia of Insects. Academic Press. 206-210 lk.
- Cloudsley-Thompson, J. L. (1988). Evolution and adaptation of terrestrial arthropods. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 141 lk.
- Coleman, D. C., & Crossley Jr, D. A., & Hendrix, P.F. (2004). Fundamentals of soil ecology. Elsevier academic press. 404 lk.
- Coulson, S. J., & Birkemoe, T. (2000). Long-term cold tolerance in Arctic invertebrates: recovery after 4 years at below-20 C. *Canadian Journal of Zoology*, 78(11), 2055-2058.
- Coulson, S. J., Fjellberg, A., Gwiazdowicz, D. J., Lebedeva, N. V., Melekhina, E. N., Solhøy, T., Erséus, C., Maraldo, K., Miko, L., Schatz, H., Schmelz, R.M., Søli, G., & Stur, E. (2013). Introduction of invertebrates into the High Arctic via imported soils: the case of Barentsburg in the Svalbard. *Biological Invasions*, 15(1), 1-5.
- Coulson, S. J., Hodkinson, I. D., Webb, N. R., & Harrison, J. A. (2002). Survival of saltwater immersion by terrestrial invertebrates. Implications for the colonisation of Arctic islands. *Functional Ecology*, 16, 353-356.
- Crane, P. R., Hopper, S. D., Raven, P. H., & Stevenson, D. W. (2009). Plant science research in botanic gardens. *Trends in Plant Science*, 14(11), 575-577.
- Crawford, C. S. (1992). Millipedes as model detritivores. *Berichte des Naturwissenschaftlich-Medizinischen Vereins Innsbruck*, 10, 277-288.

- Cronberg, N., Natcheva, R., & Hedlund, K. (2006). Microarthropods mediate sperm transfer in mosses. *Science*, 313(5791), 1255-1255.
- Davis, M.A. (2011). Invasion Biology. Raamatus: Encyclopedia of Biological Invasions. University of California Press. 364-369 lk.
- Deharveng, L. (2004). Recent advances in Collembola systematics. *Pedobiologia*, 48(5-6), 415-433.
- Denux, O., & Zagatti, P. (2010). Coleoptera families other than Cerambycidae, Curculionidae sensu lato, Chrysomelidae sensu lato and Coccinellidae. Chapter 8.5. *BioRisk* 4(1): 315–406.
- Dunlop, J. A., Selden, P. A. (2009). Calibrating the chelicerate clock: A paleontological response to Jeyaprakash and Hoy. *Experimental & Applied Acarology*, 48 , 183–197.
- Eek, L., & Kuk, T.(2013). Maismaa võõrliikide käsiraamat. Keskkonnaministeerium. (elektrooniline teavik). 79lk.
- Eisenbeis, G. (2006) Biology of Soil Invertebrates. Raamatus: Intestinal microorganisms of termites and other invertebrates (Vol. 6). Springer Science & Business Media. 492 lk.
- Eisenbeis, G., Wichard, W. (1987). Atlas on the Biology of Soil Arthropods. Gustav Fischer Stuttgart. 448 lk
- Endlweber, K., Ruess, L., Scheu, S. (2009). Collembola switch diet in presence of plant roots thereby functioning as herbivores. *Soil Biology and Biochemistry*, 41(6), 1151-1154.
- Enghoff, H. (1992). The size of a millipede. *Berichte der naturhistorisch-medizinischen Vereins Innsbruck, Supplement*, 10, 47-56.
- Erséus, C., Maraldo, K., Miko, L., Schatz H, Schmelz RM, Sølvi G, Stur, E. (2013). Introduction of invertebrates into the High Arctic via imported soils: the case of Barentsburg in the Svalbard. *Biological Invasions*, 15(1), 1-5.
- Eschen, R., Grégoire, J. C., Hengeveld, G. M., Bram, M., Rigaux, L., & Potting, R. P. (2015). Trade patterns of the tree nursery industry in Europe and changes following findings of citrus longhorn beetle, *Anoplophora chinensis* Forster. *NeoBiota*, 26, 1.
- Fiera, C., & Ulrich, W. (2012). Spatial patterns in the distribution of European springtails (Hexapoda: Collembola). *Biological Journal of the Linnean Society*, 105(3), 498-506.
- Fontana, P., Marangoni, F., Kočárek, P., Tirello, P., Giovagnoli, G., & Colacurcio, L. (2021). Updated knowledge on Italian Dermaptera with the report of a new alien species:

- Forficula smyrnensis* Audinet-Serville, 1838. *Memorie della societa' entomologica Italiana*, 97 (1-2). 261-270.
- Franks, N. R. (2009). Ants. *Raamatus: Encyclopedia of Insects*. Academic Press. 24-27 lk.
- Geoffroy, J. J. (2015). Subphylum Myriapoda, Class Diplopoda. *Raamatus: Freshwater Invertebrates* (lk. 661-669). Academic Press. 1049 lk.
- Gerecke, R., Bartsch, I., Davids, K., Deichsel, R., Di Sabatino, A., Gabryś, G., Gledhill, T., Jäger, P., Makol, J., Smit, H., van der Hammen, H., Weigmann, G., Wohltmann, A., & Wurst, E. (2007). *Süßwasserfauna von Mitteleuropa*, Vol. 7, 2-1, Chelicerata: Araneae, Acari I. Spektrum Elsevier. 388 lk.
- Gillott, C. (2005). *Entomology*. Springer Science & Business Media. 834 lk.
- Golovatch, S. I., & Kime, R. D. (2009). Millipede (Diplopoda) distributions: A review. *Soil organisms*, 81(3), 565-597.
- Gongalsky, K. B., Kuznetsova, D. M., Filimonova, Z. V., Shakhbab, S. V. (2013). Distribution and ecology of the invasive species of woodlice *Hyloniscus riparius* (C. Koch, 1838)(Isopoda, Oniscidea, Trichoniscidae) in Russia. *Russian Journal of Biological Invasions*, 4(2), 116-119.
- Graeff, J., Jemielity, S., Parker, J. D., Parker, K. M., & Keller, L. (2007). Differential gene expression between adult queens and workers in the ant *Lasius niger*. *Molecular Ecology*, 16(3), 675-683.
- Gunn, A. (1992). The use of mustard to estimate earthworm population. *Pedobiologia* 36, 65-67.
- Hågvar, S., Solhøy, T., & Mong, C. E. (2009). Primary succession of soil mites (Acari) in a Norwegian glacier foreland, with emphasis on oribatid species. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 41(2), 219-227.
- Hansen, R. A. (2000). Effects of habitat complexity and composition on a diverse litter microarthropod assemblage. *Ecology*, 81(4), 1120-1132.
- Hendrix, P. F., Callahan Jr, M. A., Drake, J. M., Huang, C. Y., James, S. W., Snyder, B. A., & Zhang, W. (2008). Pandora's box contained bait: the global problem of introduced earthworms. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 39, 593-613.
- Hopkin, S. P. (1997). *Biology of the springtails* (Insecta: Collembola). OUP Oxford. 340 lk.
- Hoy, M.A. (2008). Soil Mites (Acari: Oribatida and Others). *Raamatus: Encyclopedia of Entomology*. Springer, Dordrecht. 4411 lk.
- Hrúzová, K., & Fenda, P. (2017). First records of mites (Acari: Mesostigmata: Parasitidae) from Slovakia. *Folia Faunistica Slovaca* 22, 13-17.

- Huhta, V. (2016). Catalogue of the Mesostigmata mites in Finland. *Memoranda Societatis pro Fauna et Flora Fennica* 92, 129–148.
- IUCN (2019). Legal provisions on soil import. Technical note prepared by IUCN for the European Commission (elektrooniline teavik). 64 lk.
- Ivask, M. (2019a). Keldriloomana tuntud kakand elab ka metsas. *Sinu Mets*, 56, 25-27.
- Ivask, M. (2019b). Mulla ABC IV osa. Kirjastus: Eesti Loodusfoto. Eesti Maaülikool. 20 lk.
- Kagainis, U. (2011). Revision of the checklist of Latvian oribatid mites (Acari: Oribatida) with notes on previous studies and new species for the fauna of Latvia. *Latvijas Entomologs*, 50, 31-40.
- Kanal, A. (2004). Hooghännalised (Collembola) võimalike agroökoloogiliste bioindikaatoritena Lõuna-Eesti mõnedes põllumuldades. Artiklite kogumik: Muld ökosüsteemis, seire ja kaitse. Tartu-Tallinn: Teaduste Akadeemia Kirjastus. Tallinn: Tallinna Raamatutrükikoda. 207 lk.
- Kangur, M., Kotta, J., Kuk, T., Kull, T., Lilleleht, V., Luig, J., Ojaveer, H., Paaver, T., & Vetemaa, M (2005). Invasiivsed võõrliigid Eestis. Keskkonnaministeerium. Tallinn. 72 lk.
- Karg, W.(1993). Raubmilben: Acari (Acarina), Milben, Parasitiformes (Anactinochaeta), Cohors Gamasina Leach; 4 Tabellen. G. Fischer. 524 lk.
- Kavdir, Y., & Ilay, R. (2011). Earthworms and soil structure. Raamatus: Biology of earthworms. Springer, Berlin, Heidelberg. 39-50 lk.
- Keller, L. (1998). Queen lifespan and colony characteristics in ants and termites. *Insectes Sociaux*, 45(3), 235-246.
- Kenis, M., Rabitsch, W., Auger-Rozenberg, M. A., & Roques, A. (2007). How can alien species inventories and interception data help us prevent insect invasions? *Bulletin of Entomological Research*, 97(5), 489-502.
- Keskkonnaagentuuri kodulehekül.(2021). Võõrliigid. Kättesaadaval: <https://www.keskkonnaagentuur.ee/et/eesti-riikliku-bioloogilise-mitmekesisuse-teabevorgustiku-koduleht/bioloogiline-mitmekesisus-eesti-2> (külastatud 03.05.2021)
- Kime, R. D., & Enghoff, H. (2011). Atlas of European Millipedes (Class Diplopoda), Vol. 1 Orders Polyxenida, Glomerida, Platydesmida, Siphonocryptida, Polyzoniida, Callipodida, Polydesmida. Pensoft Publishers. 282 lk.
- Kiristaja, P., Ehlvest, A., Remm, L. (2014). Eesti kojaga maismaatigude määraja. MTÜ Loodusajakiri 96 lk.

- Klompen, J. S. H. (2000). Prelarva and larva of *Opilioacarus* (*Neocarus*) *texasus* (Chamberlin and Mulaik)(Acari: Opilioacarida) with notes on the patterns of setae and lyrifissures. *Journal of Natural History*, 34(10), 1977-1992.
- Kocarek, P., Dvorak, L., & Kirstova, M. (2015). *Euborellia annulipes* (Dermaptera: Anisolabididae), a new alien earwig in Central European greenhouses: potential pest or beneficial inhabitant? *Applied Entomology and Zoology*, 50(2), 201-206.
- Krantz, G.W.(2009a). Introduction. Raamatus: Krantz, G.W. & Walter, D.E. A Manual of Acarology(3 trükk). Texas Tech University Press, Lubbock, 1-2 lk.
- Krantz, G.W.(2009b). Reproduction and Embryogenesis. Raamatus: Krantz, G.W. & Walter, D.E. (Eds.), A Manual of Acarology(3 trükk). Texas Tech University Press, Lubbock, 54-56 lk.
- Krantz, G.W.(2009c). Habits and Habitat. Raamatus: Krantz, G.W. & Walter, D.E. (Eds.), A Manual of Acarology(3 trükk). Texas Tech University Press, Lubbock, 64-82 lk.
- Krantz, G.W & Walter, D.E.(2009).Oviposition and Life Stages. Raamatus: Krantz, G.W. & Walter, D.E. (Eds.), A Manual of Acarology (3 trükk). Texas Tech University Press, Lubbock. 57-63.
- Krivolutsky, D. A., & Lebedeva, N. V. (2004). Oribatid mites (Oribatei) in bird feathers: Passeriformes. *Acta Zoologica Lituanica*, 14(2), 19-38.
- Kuu, A., & Ivask, M. (2010). Distribution of *Octolasion cyaneum* (Savigny, 1826) in Estonia 1993–2008: (Oligochaeta, Lumbricidae). *Zoology in the Middle East*, 5, 75-81.
- Laumann, M., Norton, R. A., Weigmann, G., Scheu, S., Maraun, M., & Heethoff, M. (2007). Speciation in the parthenogenetic oribatid mite genus *Tectocepheus* (Acari, Oribatida) as indicated by molecular phylogeny. *Pedobiologia*, 51(2), 111-122.
- Lavelle, P. (1997). Faunal activities and soil processes: adaptive strategies that determine ecosystem function. *Advances in Ecological Research*, 27, 93-132.
- Lebrun, P., & van Straalen, N. M. (1995). Oribatid mites: prospects for their use in ecotoxicology. *Experimental & Applied Acarology*, 19(7), 361-379.
- Lehmitz, R., Russell, D., Hohberg, K., Christian, A., & Xylander, W. E. (2011). Wind dispersal of oribatid mites as a mode of migration. *Pedobiologia*, 54(3), 201-207.
- Lewis, J. G. E. (1981). The biology of centipedes. Cambridge University Press. 476 lk.
- Lilleskov, E. A., & Bruns, T. D. (2005). Spore dispersal of a resupinate ectomycorrhizal fungus, *Tomentella subulilacina*, via soil food webs. *Mycologia*, 97, 762–769.
- Lin, H. H., & Wiegand, T. J. (2014). Centipedes. Encyclopedia of Toxicology (3 trükk), Academic Press, 766-767 lk.

- Lindquist, E. E., Krantz, G. W., & Walter, D. E. (2009). Order mesostigmata. Raamatus: Krantz, G.W. & Walter, D.E. (Eds.), A Manual of Acarology(3 trükk). Texas Tech University Press, Lubbock, 124-232 lk.
- Lippmaa, T. (1937). E.V. Tartu Ülikooli Botaanikaiaia süstemaatilised ja taimegeograafilised kogud. Tartu: K. Mattieseni trükikoda, 372 lk.
- Looduskaitseadus (2021). Kättesaadaval: <https://www.riigiteataja.ee/akt/130122020007?leiaKehtiv> (külastatud 05.05.2021).
- Lowe, S., Browne, M., Boudjelas, S., & De Poorter, M. (2000). 100 of the world's worst invasive alien species: a selection from the global invasive species database (Vol. 12). Auckland: Invasive Species Specialist Group, 11 lk.
- Luig, J.(2003). Eesti selgrootute mitmekesisus ja selle kaitse. Tartu, 34 lk.
- Maavara, V. (1953). Eesti NSV sipelgad. Loodusuurijate Selts: Tallinn, 44 lk.
- Mahunka, S., & Mahunka-Papp, L. (1999). Oribatids from the Szarvas Arboretum (SE Hungary) (Acari: Oribatida). *Folia Entomologica Hungarica*, 60, 83-107.
- Maraun, M., Schatz, H., & Scheu, S. (2007). Awesome or ordinary? Global diversity patterns of oribatid mites. *Ecography*, 30(2), 209-216.
- Masing, V. (1992). Ökoloogialeksikon. Tallinn: Eesti entsüklopeediakirjastus, 319 lk.
- Matzke, D., & Kocarek, P. (2015). Description and biology of *Euborellia arcanum* sp. nov., an alien earwig occupying greenhouses in Germany and Austria (Dermaptera: Anisolabididae). *Zootaxa*, 3956(1), 131-139.
- McHugh, J. V., & Lieberr, J. K. (2009). Coleoptera: (beetles, weevils, fireflies). Raamatus: Encyclopedia of insects. Academic Press, 183-201 lk.
- McNeill, M., Phillips, C., Young, S., Shah, F., Aalders, L., Bell, N., Gerard, E., & Littlejohn, R. (2011). Transportation of nonindigenous species via soil on international aircraft passengers' footwear. *Biological Invasions*, 13, 2799– 2815.
- Menta, C. (2012). Soil fauna diversity-function, soil degradation, biological indices, soil restoration. Artiklite kogumik: Biodiversity conservation and utilization in a diverse world, 49-94.
- Miravete, V., Roura-Pascual, N., Dunn, R. R., & Gómez, C. (2014). How many and which ant species are being accidentally moved around the world?. *Biology Letters*, 10(8), 2-4..
- Merivee, E., Remm, H.(1973). Mardikate määraja. Kirjastus Valgus: Tallinn. 307 lk.
- Navajas, M., Migeon, A., Estrada-Peña, A., Mailleux, A. C., Servigne, P., & Petanović, R. (2010). Mites and ticks (Acari). Chapter 7.4. *BioRisk*, 4, 149.

- Niemi, R., Karppinen, E., & Uusitalo, M. (1997). Catalogue of the Oribatida (Acari) of Finland. *Acta Zoologica Fennica* 207, 1-37.
- Nietschke, L., Burfeindt, I., Seupt, A., & Filser, J. (2011). Collembola and seed germination: relevance of substrate quality and evidence for seed attack. *Soil Organisms*, 83, 451-462.
- Nitzu, E., Nae, A., & Popa, I. (2008). The fauna of soil beetles (Edaphic Coleoptera) as a sensitive indicator of evolution and conservation of ecosystems. A study on the altitudinal gradient in the Rodnei Mountains Biosphere Reserve (the Carpathians). *Advances in Arachnology and Developmental Biology, Vienna-Belgrade-Sofia Monogr*, 12, 405-417.
- Norton, R.A. & Behan-Pelletier V.M. (2009). Suborder Oribatida. *Reassessment of the Oribatida*. Krantz, G.W. & Walter, D.E. (Eds.). *A Manual of Acarology* (3 trükk). Texas Tech University Press, Lubbock, 430-564 lk.
- Oliver, P. G., & Meehan, C. J. (1993). Woodlice: keys and notes for identification of the species (No. 49). Mitchell Beazley, 136 lk.
- Orgiazzi, A., Bardgett, R.D., Barrios, E., Behan-Pelletier, V., Briones, M.J.I., Chotte, J-L., De Deyn, G.B., Eggleton, P., Fierer, N., Fraser, T., Hedlund, K., Jeffery, S., Johnson, N.C., Jones, A., Kandeler, E., Kaneko, N., Lavelle, P., Lemanceau, P., Miko, L., Montanarella, L., Moreira, F.M.S., Ramirez, K.S., Scheu, S., Singh, B.K., Six, J., van der Putten, W.H., Wall, D.H. (2016). *Global Soil Biodiversity Atlas*. European Commission, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 176 lk.
- Orlova-Bienkowskaja, M. J. (2016). Is it possible to distinguish alien species of beetles (Coleoptera) from native ones?. *Entomological Review*, 96(3), 318-331.
- Palmén, E. (1948). The Chilopoda of Eastern Fennoscandia. *Annales Zoologici Societatis Zoologicae-Botanicae Fennicae Vanamo* 13, 1-54.
- Paoletti, M. G., & Hassall, M. (1999). Woodlice (Isopoda: Oniscidea): their potential for assessing sustainability and use as bioindicators. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 74(1-3), 157-165.
- Pluess, T., Jarošík, V., Pyšek, P., Cannon, R., Pergl, J., Breukers, A., & Bacher, S. (2012). Which factors affect the success or failure of eradication campaigns against alien species? *PloS one*, 7(10), 1-11.
- Roques, A. (2010). Taxonomy, time and geographic patterns. Chapter 2. *BioRisk* 4(1), 11-26.

- Roques, A., Rabitsch, W., Rasplus, J. Y., Lopez-Vaamonde, C., Nentwig, W., & Kenis, M. (2009). Alien terrestrial invertebrates of Europe. Raamatus: Handbook of alien species in Europe. Springer, Dordrecht. 63-79 lk.
- Põllumajandus- ja toiduameti kodulehekülg.(2021). Taimed ja taimsed saadused. Kättesaadaval: <https://pta.agri.ee/ettevotjale-tootjale-ja-turustajale/rahvusvaheline-kaubavahetus/taimed-ja-taimsed-saadused> (külastatud 10.03.2021).
- Pyšek, P., & Richardson, D. M. (2010). Invasive species, environmental change and management, and health. *Annual review of environment and resources*, 35, 25-55.
- Rabitsch, W. (2010). Pathways and vectors of alien arthropods in Europe. Chapter 3. *BioRisk*, 4, 27.
- Rankin, S. M., & Palmer, J. O. (2009). Dermaptera:(earwigs). Raamatus: Encyclopedia of insects. Academic Press. 259-261 lk.
- Rasplus, J. Y., & Roques, A. (2010). Dictyoptera (Blattodea, Isoptera), Orthoptera, Phasmatodea and Dermaptera. Chapter 13.3. *BioRisk*, 4, 807.
- Rasplus, J. Y., Villemant, C., Paiva, M. R., Delvare, G., & Roques, A. (2010). Hymenoptera. Chapter 12. *BioRisk* 4(2): 669–776.
- Reintaim, L. (2004). Taim-muld süsteem on elu alus. Artiklite kogumik: Muld ökosüsteemis, seire ja kaitse. Tartu-Tallinn: Teaduste Akadeemia Kirjastus. Tallinn: Tallinna Raamatutrükikoda. 207 lk.
- Salmane, I., & Brumelis, G. (2010). Species list and habitat preference of mesostigmata mites (Acari, Parasitiformes) in Latvia. *Acarologia*, 50(3), 373-394.
- Sammet, K. (2019). Lestad - väikesed ja kõikjal. *Sinu Mets*, 5, 26-27.
- Sammet, K., Ivask, M., & Kurina, O. (2018). A synopsis of Estonian myriapod fauna (Myriapoda: Chilopoda, Diplopoda, Symphyla and Pauropoda). *ZooKeys*, (793), 63.
- Santos, M. Â. O. (2017). Assessment of edaphic community and distribution in cover vegetation of the Botanical Garden of Porto. Universidade do Porto. 62 lk.
- Schäffer, S., Kerschbaumer, M., & Koblmüller, S. (2019). Multiple new species: Cryptic diversity in the widespread mite species *Cymbaeremaeus cymba* (Oribatida, Cymbaeremaeidae). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 135:185-192.
- Schatz, H. (1985). The life-cycle of an Alpine Oribatid mite, *Oromurcia sudetica* Willmann. *Acarologia*, 26(1), 95-100.
- Schatz, H., & Behan-Pelletier, V. (2008). Global diversity of oribatids (Oribatida: Acari: Arachnida). *Hydrobiologia* (2008) 595, 323–328.

- Schmalfuss, H. (2003). World catalog of terrestrial isopods (Isopoda: Oniscidea). Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde. Serie A, nr. 654. 341 lk.
- Setälä, H., Laakso, J., Mikola, J., & Huhta, V. (1998). Functional diversity of decomposer organisms in relation to primary production. *Applied Soil Ecology*, 9(1-3), 25-31.
- Sharma, P. P., Kaluziak, S. T., Pérez-Porro, A. R., González, V. L., Hormiga, G., Wheeler, W. C., & Giribet, G. (2014). Phylogenomic interrogation of Arachnida reveals systemic conflicts in phylogenetic signal. *Molecular biology and evolution*, 31(11), 2963-2984.
- Sierwald, P., & Bond, J. E. (2007). Current status of the myriapod class Diplopoda (millipedes): taxonomic diversity and phylogeny. *Annual Review of Entomology* 52, 401-420.
- Silfverberg, H. (2010). Enumeratio renovata Coleopterorum Fennoscandiae, Daniae et Baltiae. *Sahlbergia* 16(2), 1–144.
- Silfverberg, H. (2014). Changes and additions to Enumeratio renovata Coleopterorum Fennoscandiae, Daniae et Baltiae. *Sahlbergia* 20(2), 39–53.
- Simaiakis, S. M., & Strona, G. (2015). Patterns and processes in the distribution of European centipedes (Chilopoda). *Journal of Biogeography*, 42(6), 1018-1028.
- Stoev, P., Zapparoli, M., Golovatch, S., Enghoff, H., Akkari, N., Barber, A., (2010). Myriapods (Myriapoda). Chapter 7.2. *BioRisk* 4, 97-130.
- Süda, I. (2009). New woodland beetle species (Coleoptera) in Estonian fauna. *Forestry Studies*, 50, 98.
- Sæthre, M. G., Staverløkk, A. ., & Hågvar, E. B. (2010). Stowaways in horticultural plants imported from the Netherlands, Germany and Denmark. *Norwegian Journal of Entomology*, 57(1), 25-35.
- Zafeiriou, S., Kocarek, P., & Kalaentzis, K. (2021). First record of the desert earwig *Forficula lucasi* Dohrn, 1865 (Dermaptera: Forficulidae) in Greece: A hitchhiker among the refugees or a seldom encounter? *Journal of Insect Biodiversity*, 21(1), 15-17.
- Zettel, J. (2010). Springtails and Silverfishes (Apterygota). Chapter 13.5. *BioRisk*, 4, 851.
- Zhang, Z-Q (2011). Animal biodiversity: an introduction to higher-level classification and taxonomic richness. *Zootaxa* 3148, 7–12.
- Tamm, H. (2003). Tartu Ülikooli Botaanikaäed 1803-2003 = Botanical Garden of the University of Tartu. Tartu:Greif. 66 lk.
- Tartu Ülikooli Botaanikaäia kodulehekülj.(2021). *Botaanikaaiast*. Kättesaadaval:

<https://www.botaanikaad.ut.ee/et/content/botaanikaaiast> (külastatud 03.05.2021).

- Timm, T. (1999). Eesti rõngusside (Annelida) määraja. Teaduste akadeemia kirjastus Tartu-Tallinn. 208 lk.
- Timm, T. & Ivask, M. (2006). Kus ja kellele on vihmaussid ohtlikud? *Eesti Loodus*, 10.
- Ulrich, W., & Fiera, C. (2009). Environmental correlates of species richness of European springtails (Hexapoda: Collembola). *Acta Oecologica*, 35(1), 45-52.
- Vilbaste, A. (1987). Eesti Ämblikud (Aranei). Kirjastus Valgus: Tallinn. 179 lk.
- Walter, D. E., & Proctor, H. C. (2013a). Life Cycles, Development and Size. Raamatus: Mites: Ecology, Evolution & Behaviour. Springer, Dordrecht. 94 lk.
- Walter, D. E., & Proctor, H. C. (2013b). Mites in Soil and Litter Systems. Raamatus: Mites: Ecology, Evolution & Behaviour. Springer, Dordrecht. 161 lk.
- Weigmann, G. (2006). Hornmilben (Oribatida). Die Tierwelt Deutschlands, 76. Teil. Goecke & Evers, Keltern. 520 lk.
- Wesener, T., Voigtländer, K., Decker, P., Oeyen, J. P., Spelda, J., & Lindner, N. (2015). First results of the German Barcode of Life (GBOL)–Myriapoda project: Cryptic lineages in German *Stenotaenia linearis* (Koch, 1835) (Chilopoda, Geophilomorpha). *ZooKeys*, (510), 15.
- Williamson, M., & Fitter, A. (1996). The varying success of invaders. *Ecology*, 77(6), 1661-1666.

LISA 1. Kasvusubstraatidest, mullapallidest ja aianduskauplusest võetud proovidest kindlaks tehtud taksonid ja isendite arvud:

Proov nr	Aca ri juv.	Acari (Oribatida, Prostigmata, Mesostigmata)	Araneae, Opiliones	Myriapoda	Entognatha (Collembola, Protura)	Insecta	Annelida, Gastropoda
1		<i>Tectocepheus velatus</i> 1					
2	5	<i>Neogamasus insignis</i> 1			Collembola sp. 2		
3	1	<i>Neogamasus insignis</i> 1; <i>Tectocepheus velatus</i> 1			Collembola sp. 41; Protura sp. 1		

4	14	<i>Carabodes ornatus</i> 1; <i>Carabodes</i> sp. 1; <i>Liacarus subterraneus</i> 1; <i>Melanozetes mollicomus</i> 1; <i>Minunthozetes semirufus</i> 18; <i>Oppiella nova</i> 1; <i>Parachipteria punctata</i> 3; <i>Punctoribates punctum</i> 2; <i>Ramusella clavipectinata</i> 1; <i>Neogamasus insignis</i> 1; <i>Neogamasus speculiger</i> 1;			Collembola sp. 52;		
---	----	---	--	--	--------------------	--	--

5	16	<i>Oribatula</i> sp. 1; <i>Tectocephus</i> <i>s alatus</i> 1; <i>Tectocephus</i> <i>s velatus</i> 1; <i>Macrocheles</i> <i>muscaedomesticae</i> 1; Parasitidae sp. 3			Collembola sp. 13		
6	14	<i>Oppeiella</i> <i>nova</i> 1; <i>Arctoseius</i> <i>semiscissus</i> 1; <i>Lasioseius</i> <i>floridensis</i> 5; Tydeidae sp. 1			Collembola sp. 9	Coleoptera sp. (nukk) 5; Braconidae sp. 1	
7						Sciaridae sp. 1	
8	1	<i>Oppeiella</i> <i>nova</i> 1; <i>Arctoseius</i> <i>semiscissus</i> 1;			Collembola sp. 1		

9	11	<i>Bakerdania</i> sp. 1; Pygmephoridae sp 3			Collembola spp. 10		
10	14	<i>Arctoseius semiscissus</i> 1;			Collembola spp. 21		
11	20	<i>Arctoseius semiscissus</i> 1; <i>Lasioseius floridensis</i> 2; <i>Neogamasus insignis</i> 1; Parasitidae sp. 1			Collembola spp. 82		
12	14	<i>Scheloribates</i> sp. 1; <i>Steganacarus</i> sp. 1; <i>Arctoseius semiscissus</i> 4;			Collembola spp. 107		

13	15	Arctoseius semiscissus 5; Chamobates borealis 1; Dissorhina ornata 1; Oppiella nova 6; Suctobelbell a sp. 2;			Collemb ola spp. 96		
14	1	Ramusella clavipectinat a 1;			Collemb ola spp. 22	Scelionidae sp. 1	
15	11	Oppiella subpectinata 2			Collemb ola spp. 13		
16	1	Achipteria coleoptrata 1;			Collemb ola sp. 1		

17	397	<p>Achipteria coleoprata 67;</p> <p>Achipteria nitens 1;</p> <p>Achipteria sp. 2;</p> <p>Euzetes globulus 1;</p> <p>Minunthozet es semirufus 7;</p> <p>Minunthozet es pseudofusige r 2; Oribatula exilis 1;</p> <p>Punctoribate s hexagonus 5;</p> <p>Scheloribates latipes 3;</p> <p>Scheloribates laevigatus 10;</p> <p>Tectocephu s sarekensis 2;</p> <p>Tectocephu s velatus 60;</p> <p>Lysigamasus misellus 1</p>	<p>Linyphiida e sp. juv. 1</p>			<p>Homoptera sp juv. 8;</p> <p>Heteroptera sp juv. 4</p>	<p>Lumbrici dae 1</p>
----	-----	--	------------------------------------	--	--	--	---------------------------

18	19	Achipteria coleoptrata 2; Acrogalumn a longipluma 1; Euphthiracar us monodactylu s 1; Euzetes globulus 1; Hemileius initialis 8; Oppiella nova 2; Oppiella subpectinata 2; Oppiella obsoleta 2; Phthiracarus sp. 1; Scheloribates laevigatus 1; Scheloribates sp. 2; Tectocephu s sarekensis 2; Tectocephu s velatus 4;	Thomisida e juv 1; Sclerosom atidae juv. 1		Collemb ola spp. 9	Coleoptera larva 1; Staphylinid ae 1; Homoptera spp. 2	Enchytra eidae sp. 5
----	----	--	--	--	-----------------------	---	----------------------------

19	246	<i>Achipteria coleoptrata</i> 83; <i>Chamobates</i> sp. 1; <i>Liebstadia similis</i> 2; <i>Minunthozet es semirufus</i> 2; <i>Punctoribate s punctum</i> 19; <i>Scheloribate s laevigatus</i> 20; <i>Tectocephu s sarekensis</i> 15; <i>Tectocephu s velatus</i> 1	<i>Robertus arundineti</i> 1		Collemb ola spp. 26	<i>Anisotoma glabra</i> 1; Homoptera sp. juv 1; Heteroptera sp. juv. 1	
20	1	<i>Euzetes globulus</i> 9; <i>Zetomimus furcatus</i> 1			Collemb ola spp. 20		
21	8	<i>Eupelops occultus</i> 1; <i>Oppiella nova</i> 1; <i>Rhysotritia ardua</i> 6; <i>Tectocephu</i>	Linyphiida e juv 2	<i>Craspedos oma rawlinsii</i> 1; <i>Cylindroi lus</i>	Collemb ola spp. 27	<i>Lasius niger</i> 1; <i>Myrmica ruginodis</i> 1; Anommatus	<i>Nesovitrea a petronella</i> 1

		<i>s sarekensis</i> 5		<i>caeruleoci</i> <i>nctus</i> 1		duodecimst riatus 1	
22	3				Collemb ola spp. 47		
23	83	<i>Ceratozetes</i> <i>gracilis</i> 1; <i>Eupelops</i> <i>torulosus</i> 5; <i>Rgysotritia</i> <i>ardua</i> 1; <i>Schelorbate</i> <i>s laevigatus</i> 5; <i>Tectocephu</i> <i>s sarekensis</i> 2; <i>Tectocephu</i> <i>s velatus</i> 1; <i>Linopodes</i> sp. 1; <i>Leioseius</i> <i>bicolor</i> 1;			Collemb ola spp. 211		<i>Carychiu</i> <i>m</i> sp.
24	35	<i>Oppiella</i> <i>nova</i> 3; <i>Tectocephu</i> <i>s velatus</i> 2;			Collemb ola spp. 80		Enchytra eidae sp. 1

25	60	<i>Eupelops</i> <i>occultus</i> 1; <i>Eupelops</i> <i>torulosus</i> 1; <i>Tectocephu</i> <i>s velatus</i> 1;			Collemb ola spp. 36		<i>Lumbricu</i> <i>s rubellus</i> 1
26	1	<i>Oribatula</i> sp. 1, <i>Punctoribate</i> <i>s punctum</i> 2; <i>Scheloribate</i> <i>s laevigatus</i> 1; <i>Suctobelbell</i> <i>a</i> sp. 1; <i>Tectocephu</i> <i>s velatus</i> 3;					

27	29	<i>Achipteria</i> <i>coleoptrata</i> 3; <i>Acrogalumn</i> <i>a longipluma</i> 1; <i>Rhysotritia</i> <i>ardua</i> 1; <i>Adoristes</i> <i>ovatus</i> 1; <i>Eupelops</i> <i>occultus</i> 1; <i>Euzetes</i> <i>globulus</i> 9; <i>Oppiella</i> <i>nova</i> 2; <i>Oppiella</i> <i>obsoleta</i> 7; <i>Quadroppia</i> <i>quadricarina</i> <i>ta</i> 2; <i>Scheloribate</i> <i>s laevigatus</i> 1; <i>Tectocephu</i> <i>s sarekensis</i> 32; Tydeidae sp. 1; <i>Gaeolaelaps</i> <i>similisetae</i> 1; <i>Triadogamas</i> <i>us</i> sp.			Collemb ola spp. 20	Lasius niger 1	
----	----	---	--	--	---------------------------	-------------------	--

28	7	<i>Tectocephus sarekensis</i> 2; <i>Tectocephus velatus</i> 1;			Collembola spp. 21		
29	1				Collembola sp 1		
30		<i>Melanozetes mollicornis</i> 1; <i>Tectocephus velatus</i> 4;					
31	30					Coleoptera juv. 3; Staphylinidae sp. 1; Aphidoidea 2;	
32	26	<i>Oppiella nova</i> 2; Rhagidiidae sp. 1; <i>Eviphis ostrinus</i> 1			Collembola spp. 8		
33	7				Collembola spp. 119		
34	23			<i>Cylindroiulus caeruleo-cinctus</i> 1	Collembola spp 2		Pulmonata sp. 1

35	4	<i>Tectocephus sarekensis</i> 2			Collembola spp. 39		
36	45	<i>Punctoribates punctum</i> 3; <i>Tectocephus sarekensis</i> 3		<i>Cylindroiulus caeruleo-cinctus</i> 1	Collembola spp. 309		
37	46	<i>Chamobates pusillus</i> 1; <i>Multioppia laniseta</i> 1; <i>Oppiella keilbachi</i> 1; <i>Oppiella nova</i> 11; <i>Oribatula tibialis</i> 1; <i>Ramusella clavipectinata</i> 1			Collembola spp. 124		
38	30	<i>Punctoribates hexagonus</i> 2; <i>Steganacarus</i> sp. 1; <i>Tectocephus sarekensis</i> 2; <i>Tectocephus velatus</i> 1;	Lycosidae sp. juv. 1		Collembola spp. 23		Enchytraeidae spp. 5

		<i>Uropoda</i> sp. 1;					
39	10	<i>Achipteria</i> <i>coleoptrata</i> 18; <i>Cepheus</i> <i>cepheiformis</i> 1; <i>Ceratoppia</i> <i>bipilis</i> 2; <i>Diapterobate</i> <i>s humeralis</i> 2; <i>Scheloribate</i> <i>s laevigatus</i> 3; <i>Scheloribate</i> <i>s pallidulus</i> 1; <i>Tectocephu</i> <i>s knullei</i> 2; <i>Bdella</i> sp. 1;	Phalangiid ae sp. juv 1		Collemb ola spp 41	Coleoptera juv. 2; Staphylinid ae sp. 1	Enchytra eidae spp. 3; <i>Nesovitre</i> <i>a</i> <i>hammoni</i> <i>s</i> 2

40	3	<i>Chamobates interpositus</i> 1; <i>Phthiracarus</i> sp. 1; <i>Suctobelbella</i> sp 1; <i>Tectocephus velatus</i> 4; <i>Trichoribates novus</i> 1; <i>Trichoribates trimaculatus</i> 1; Ereynetidae 1	Linyphiida e sp. juv. 1; Thomisida e juv 1		Collembola spp 4	Coleoptera juv. 1	
41	0	<i>Diapterobates humeralis</i> 1; <i>Eupelops</i> sp. 1; <i>Hypochthonius luteus</i> 1;			Collembola spp 2	Scelionidae sp. 1	
42	0	<i>Phauloppia nemorensis</i> 1; <i>Phauloppia rauschensis</i> 1;			Collembola spp 2		

43		<i>Phauloppia nemorensis</i> 1; <i>Phauloppia rauschensis</i> 1;			Collembola spp 1		
KOK KU	125 2	679	10	4	1664	41	16+5

**Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks
ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Mina, Sirle Varusk, sünniaeg 28.06.1993

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud lõputöö
Mullafauna võõrliigid Eestisse sissetoodavates muldades ja kasvusubstraatides,
mille juhendaja on Kaarel Sammet

- 1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,
- 1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja
- 1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega
isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor

allkiri

Tartu, 25.05.2021

Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele.

(juhendaja nimi ja allkiri)

(kuupäev)

(juhendaja nimi ja allkiri)

(kuupäev)